

Sobremesas gelificadas obtidas a partir de subprodutos da indústria do arroz

Ana Rodrigues Morais

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Alimentar: Processamento de Alimentos

Orientadoras: Doutora Anabela Cristina da Silva Naret Moreira Raymundo

Engenheira Patrícia Catarina das Neves Bordalo Branco Fradinho

Júri:

Presidente: Doutora Margarida Gomes Moldão Martins, Professora Auxiliar com Agregação do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

Vogais: Doutora Anabela Cristina da Silva Naret Moreira Raymundo, Professora Auxiliar com Agregação do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa;
Doutora Ana Paula dos Santos Batista, Bolseira de Pós-Doutoramento do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

AGRADECIMENTOS

À Professora Doutora Anabela Raymundo pelos conhecimentos transmitidos, não só na parte respeitante ao presente trabalho, mas pelas aulas lecionadas durante o meu percurso nesta casa. Ainda, pelo carinho e preocupação sempre demonstrados, não me fazendo desistir nunca.

À Engenheira Patrícia Fradinho pela preocupação, disponibilidade e ajuda durante a realização deste trabalho.

Aos funcionários do Edifício Ferreira Lapa, por toda a ajuda disponibilizada.

À empresa Novarroz – Produtos Alimentares pela farinha de trinca de arroz carolino disponibilizada e à Nuvi Fruits pelo gentil fornecimento de ananás desidratado.

Aos meus pais, avó, irmãos, cunhada e sobrinho por estarem sempre presentes nos momentos mais difíceis, apoiando-me incondicionalmente e acreditando no valor do meu trabalho.

Aos amigos mais próximos, que foram decisivos neste momento da minha vida e sem os quais tudo seria mais difícil.

A todos o meu sincero obrigada!

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento de sobremesas gelificadas a partir de farinha de trinca de arroz carolino, de modo a valorizar este subproduto da indústria arroseira. Considerou-se a possibilidade de desenvolver três tipos de sobremesas de características sensoriais distintas: “cobertura”, “papa” ou “pudim”. As sobremesas foram desenvolvidas a partir de uma formulação base, constituída por água, farinha de arroz, açúcar e ananás desidratado, na qual se variou a concentração de farinha e de açúcar, de forma a avaliar o seu impacto. Posteriormente, foi necessária a realização de estudos de sistemas modelo com hidrocolóides com a finalidade de atingir valores de referência dos diversos parâmetros das referências comerciais.

A caracterização das sobremesas baseou-se em técnicas reológicas de caracterização de viscoelasticidade, de perfil de textura (TPA), de sinerese e de cor.

Verificou-se que a concentração mínima de farinha de arroz para gelificar uma solução aquosa é de 8% (m/m), tendo sido esta a concentração escolhida no fim do estudo para desenvolvimentos futuros. A concentração de açúcar escolhida foi de 4%, sendo posteriormente realizado um estudo para a sua substituição por outros edulcorantes (glicosídeos de esteviol e xilitol).

Sobremesas que contenham como único hidrocolóide o amido da farinha de arroz carolino, não atingem, na maioria das vezes, os valores das referências comerciais, a não ser que se utilizem maiores concentrações de farinha (diminuindo a qualidade sensorial). Como tal, é aconselhável utilizar-se 0,25% de goma xantana para a obtenção de sobremesas tipo “cobertura”, de 0,25% de k-carragenato para a obtenção de sobremesas tipo “papa” e de 1% de gelatina para a obtenção de sobremesas tipo “pudim”.

Palavras-chave: sobremesas, géis, arroz carolino, valorização subprodutos, celíacos.

ABSTRACT

The aim of this work was the development of gelled desserts from carolino broken rice flour, in order to exploit this by-product of rice industry. We considered the possibility of developing three types of desserts: "toppings", "mash" or "pudding".

The desserts were developed from a base formulation in which the rice flour and the sugar were varied to assess its impact. Subsequently, studies with hydrocolloids, in order to achieve reference values of various parameters of commercial desserts, was required.

The characterization of desserts was based on rheological viscoelasticity characterization techniques, texture profile (TPA), syneresis and color.

It was found that the minimum rice flour to gelatinize an aqueous solution is 8% (w/w), this concentration being chosen after the study of its variation. The chosen concentration of sugar was 4%, and subsequently a study was conducted for its replacement by other sweeteners (steviol glycosides and xylitol).

Desserts containing as sole hydrocolloid rice flour carolino starch, do not reach, in most cases, the parameters of commercial desserts, except the possibility of use higher concentrations flour (decreasing sensory quality). As such, it is advisable to use 0.25% of xanthan gum to obtain the type desserts "toppings", 0.25% k-carrageenan to obtain desserts such as "mash" and 1% gelatin for getting the type desserts "pudding".

Keywords: desserts, gels, carolino rice, by-products valorization, celiacs.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	II
RESUMO	III
ABSTRACT	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABELAS	XI
ÍNDICE DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	XII
INTRODUÇÃO	1
1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
1.1 Arroz.....	3
1.2 Glúten.....	9
1.3 Patologias associadas ao trigo	9
1.4 Sobremesas gelificadas.....	11
1.4.1 Farinha de arroz.....	12
1.4.2 Ananás desidratado	12
1.4.3 Edulcorantes	12
1.4.4 Hidrocolóides	15
1.5 Caraterização das sobremesas	19
1.5.1 Avaliação das propriedades de textura.....	20
1.5.2 Avaliação do comportamento reológico	21
1.5.3 Avaliação instrumental da cor.....	23
1.5.4 Sinerese.....	24
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	26
2.1 Materiais.....	26
2.2 Métodos.....	26
2.2.1 Determinação do índice de absorção de água (IAA) e de solubilidade (IS)	26
2.2.2 Preparação dos géis de arroz.....	27
2.2.3 Preparação das sobremesas gelificadas	28
2.2.4 Comportamento reológico dos géis	29
2.2.5 Determinação da sinerese.....	30
2.2.6 Avaliação da textura dos géis.....	30
2.2.7 Análise instrumental da cor dos géis	30

2.2.8	Análise estatística	31
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
3.1	Estudo das referências comerciais gelificadas.....	32
3.2	Determinação do IAA e do IS da farinha	40
3.3	Determinação da concentração mínima de farinha	42
3.4	Formulação base para as sobremesas gelificadas	43
3.5	Estudo da variação da farinha/água na formulação base.....	43
3.6	Estudo da variação do açúcar/água na formulação base.....	48
3.7	Estudo da substituição do açúcar por outros edulcorantes	54
3.8	Estudo dos sistemas modelo (hidrocolóides)	60
4.	CONCLUSÕES	75
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	I
	ANEXOS	XI

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Morfologia de um grão de arroz	Erro! Marcador não definido.
Figura 2 – Glúten e as suas proteínas (gliadina e glutenina). .	Erro! Marcador não definido.
Figura 3 – Vilosidades de um intestino delgado normal (a) e de um danificado ao longo dos anos devido à intolerância ao glúten (b)	Erro! Marcador não definido.
Figura 4 - Imagem associada a produtos isentos de glúten	Erro! Marcador não definido.
Figura 5 – Estrutura química da gelatina.	Erro! Marcador não definido.
Figura 6 - Estrutura química do k-carragenato.....	Erro! Marcador não definido.
Figura 7 – Formação de géis de k-carragenato na presença de iões potássio.....	Erro! Marcador não definido.
Figura 8 – Estrutura química da xantana com as cadeias laterais alinhadas com a espinha dorsal (a) e numa rede tridimensional (b)	Erro! Marcador não definido.
Figura 9 – Variação da deformação ao longo do tempo quando aplicada uma tensão constante. γ –deformação; t-tempo.	Erro! Marcador não definido.
Figura 10 - Sistema de cor $L^*a^*b^*$ no espaço (a) e a duas dimensões com luminosidade fixa (b)	Erro! Marcador não definido.
Figura 11 - Exemplo de sinerese numa sobremesa gelificada.	Erro! Marcador não definido.
Figura 12 - Diagrama de processos para a obtenção de géis de arroz.	Erro! Marcador não definido.
Figura 13 - Diagrama de processos para a obtenção de sobremesas gelificadas.....	Erro! Marcador não definido.
Figura 14 - Diagrama das diferentes fases de trabalho para a obtenção de sobremesas gelificadas.	Erro! Marcador não definido.
Figura 15 - Firmeza do grupo de referências comerciais tipo “papa” (a) , do grupo de referências comerciais tipo “pudim” (b) e do grupo de referências comerciais tipo “cobertura” (c)	Erro! Marcador não definido.
Figura 16 – Adesividade do grupo de referências comerciais tipo “papa” (a) , do grupo de referências comerciais tipo “pudim” (b) e do grupo de referências comerciais tipo “cobertura” (c)	Erro! Marcador não definido.
Figura 17 – Coesividade do grupo de referências comerciais tipo “papa” (a) , do grupo de referências comerciais tipo “pudim” (b) e do grupo de referências comerciais tipo “cobertura” (c)	Erro! Marcador não definido.
Figura 18 – Elasticidade do grupo de referências comerciais tipo “papa” (a) , do grupo de referências comerciais tipo “pudim” (b) e do grupo de referências comerciais tipo “cobertura” (c)	Erro! Marcador não definido.
Figura 19 - Varrimento de frequência das referências comerciais do grupo “papa”.	Erro! Marcador não definido.

Figura 20 - Varrimento de frequência das referências comerciais do grupo “pudim”..... **Erro! Marcador não definido.**

Figura 21 - Varrimento de frequência das referências comerciais do grupo “cobertura”. **Erro! Marcador não definido.**

Figura 22 - Curvas de viscosidade das referências comerciais do grupo “papa”..... **Erro! Marcador não definido.**

Figura 23 – Curvas de viscosidade das referências comerciais do grupo “pudim”. **Erro! Marcador não definido.**

Figura 24 - Curvas de viscosidade das referências comerciais do grupo “cobertura”..... **Erro! Marcador não definido.**

Figura 25 - Índice de absorção de água (IAA) da farinha de arroz carolino, em função da temperatura..... **Erro! Marcador não definido.**

Figura 26- Índice de solubilidade (IS) da farinha de arroz carolino, em função da temperatura. **Erro! Marcador não definido.**

Figura 27 - Impacto das diferentes concentrações de farinha de arroz. (a) 5% farinha de arroz carolino; (b) 7% farinha de arroz carolino; (c) 10% farinha de arroz carolino; (d) 15% farinha de arroz carolino..... **Erro! Marcador não definido.**

Figura 28- Varrimento de frequência para as soluções de diferentes percentagens de farinha de arroz..... **Erro! Marcador não definido.**

Figura 29 – Sobremesa realizada com a formulação base. **Erro! Marcador não definido.**

Figura 30 – Valores de sinerese dos ensaios de variação de farinha.**Erro! Marcador não definido.**

Figura 31 - Representação gráfica dos valores de firmeza dos ensaios de variação de farinha e dos intervalos das referências comerciais (apenas os mais próximos).**Erro! Marcador não definido.**

Figura 32 – Valores de adesividade dos ensaios de variação de farinha e dos intervalos das ss comerciais (apenas os mais próximos). **Erro! Marcador não definido.**

Figura 33 – Valores de coesividade dos ensaios de variação de farinha e dos intervalos das referências comerciais (apenas os mais próximos). **Erro! Marcador não definido.**

Figura 34 - Valores de elasticidade dos ensaios de variação de farinha e dos intervalos das referências comerciais (apenas os mais próximos). **Erro! Marcador não definido.**

Figura 35 – Valores de sinerese dos ensaios de variação de açúcar (com a farinha fixa nos 8%)..... **Erro! Marcador não definido.**

Figura 36 – Valores de firmeza dos ensaios à variação de açúcar (com a farinha fixa nos 8%). **Erro! Marcador não definido.**

Figura 37 – Valores de adesividade dos ensaios à variação de açúcar (já com a farinha fixa nos 8%)..... **Erro! Marcador não definido.**

Figura 38 – Valores de coesividade dos ensaios à variação de açúcar (já com a farinha fixa nos 8%). **Erro! Marcador não definido.**

Figura 39 – Valores de elasticidade dos ensaios à variação de açúcar (já com a farinha fixa nos 8%). **Erro! Marcador não definido.**

Figura 40 - Valores de sinerese dos ensaios de substituição de açúcar (E), em comparação com o de sacarose (A3). **Erro! Marcador não definido.**

Figura 41 - Valores de firmeza dos ensaios de substituição de açúcar (E). **Erro! Marcador não definido.**

Figura 42 - Representações gráficas dos valores de adesividade dos ensaios de substituição de açúcar (E). **Erro! Marcador não definido.**

Figura 43 - Valores de coesividade dos ensaios de substituição de açúcar (E). **Erro! Marcador não definido.**

Figura 44 - Valores de elasticidade dos ensaios de substituição de açúcar (E). **Erro! Marcador não definido.**

Figura 45 - Curvas de viscosidade, a 5°C, dos ensaios de estudo dos sistemas modelo com xantana (X), no 1º dia **(a)** e no 8º dia **(b)**, em comparação com os valores das referências comerciais. **Erro! Marcador não definido.**

Figura 46 – Valores de sinerese dos ensaios de estudo dos sistemas modelo com xantana (X), em comparação com a formulação A3 (-). **Erro! Marcador não definido.**

Figura 47 - Valores de sinerese dos ensaios de estudo dos sistemas modelo com k-carragenato (C), em comparação com a formulação A3 (-). .. **Erro! Marcador não definido.**

Figura 48 – Valores de sinerese dos ensaios de estudo dos sistemas modelo com gelatina (G), em comparação com a formulação A3 (-). **Erro! Marcador não definido.**

Figura 49 - Valores de firmeza dos ensaios de estudo dos sistemas modelo com xantana (X). **Erro! Marcador não definido.**

Figura 50 - Valores de firmeza dos ensaios de estudo dos sistemas modelo com k-carragenato (C). **Erro! Marcador não definido.**

Figura 51 - Valores de firmeza dos ensaios de estudo dos sistemas modelo com gelatina (G). **Erro! Marcador não definido.**

Figura 52 - Valores de adesividade dos ensaios de estudo dos sistemas modelo com xantana (X). **Erro! Marcador não definido.**

Figura 53 - Valores de adesividade dos ensaios de estudo dos sistemas modelo com k-carragenato (C). **Erro! Marcador não definido.**

Figura 54 - Valores de adesividade dos ensaios de estudo dos sistemas modelo com gelatina (G). **Erro! Marcador não definido.**

Figura 55 - Valores de coesividade dos ensaios de estudo dos sistemas modelo com xantana (X). **Erro! Marcador não definido.**

Figura 56 - Valores de coesividade dos ensaios de estudo dos sistemas modelo com k-carragenato (C).	Erro! Marcador não definido.
Figura 57 - Valores de coesividade dos ensaios de estudo dos sistemas modelo com gelatina (G).	Erro! Marcador não definido.
Figura 58 – Valores de elasticidade dos ensaios de estudo dos sistemas modelo com xantana (X).	Erro! Marcador não definido.
Figura 59 - Valores de elasticidade dos ensaios de estudo dos sistemas modelo com k-carragenato (C).	Erro! Marcador não definido.
Figura 60 - Valores de elasticidade dos ensaios de estudo dos sistemas modelo com gelatina (G).	Erro! Marcador não definido.
Figura 61 - Representação gráfica do texturograma de um gel.....	XIII
Figura 62 - Varrimento de tensão das referências comerciais “papa”.	XIV
Figura 63 - Varrimento de tensão das referências comerciais “pudim”.	XIV
Figura 64 - Varrimento de tensão das referências comerciais “cobertura”.	XIV
Figura 65 - Varrimento de temperatura (60-5°C) dos ensaios F.....	XIV
Figura 66 - Varrimento de tempo dos ensaios F.	XIV
Figura 67 - Varrimento de frequência dos ensaios F.....	XIV
Figura 68 - Varrimento de temperatura (60-5°C) dos ensaios A.	XIV
Figura 69 - Varrimento de tempo dos ensaios A.	XIV
Figura 70 - Varrimento de frequência dos ensaios A.	XIV
Figura 71 - Varrimento de temperatura (60-5°C) dos ensaios E.	XIV
Figura 72 - Varrimento de tempo dos ensaios E.	XIV
Figura 73 – Varrimento de frequência dos ensaios E.4.....	XIV
Figura 74 - Varrimento de temperatura (90-5°C) dos ensaios X.	XIV
Figura 75 - Varrimento de tempo dos ensaios X.	XIV
Figura 76 - Varrimento de frequência dos ensaios X.	XIV
Figura 77 - Varrimento de temperatura (90-5°C) dos ensaios C.	XIV
Figura 78 - Varrimento de tempo dos ensaios C.	XIV
Figura 79 - Varrimento de frequência dos ensaios C.	XIV
Figura 80 - Varrimento de temperatura (90-5°C) dos ensaios G.	XIV
Figura 81 - Varrimento de tempo dos ensaios G.....	XIV
Figura 82 - Varrimento de frequência dos ensaios G.	XIV

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Composição morfológica do arroz.	4
Tabela 2 – Constituintes do arroz nas diversas fases de processamento do mesmo.	5
Tabela 3 – Características de doenças despoletadas pelo trigo.	11
Tabela 4 – Definições de parâmetros de textura.	21
Tabela 5 – Testes reológicos para a avaliação do comportamento de géis.	23
Tabela 6 – Formulação base para a obtenção das sobremesas gelificadas.	43
Tabela 7 – Formulações para o estudo da variação da farinha e da água nas sobremesas.	43
Tabela 8 – Valores dos parâmetros L^* , a^* e b^* (CIELAB) dos ensaios de variação de farinha (F).	47
Tabela 9 - Formulações para o estudo da variação do açúcar e da água nas sobremesas.	48
Tabela 10 - Valores dos parâmetros L^* , a^* e b^* (CIELAB) dos ensaios de variação de açúcar (A).	53
Tabela 11 - Formulações para o estudo da substituição do açúcar nas sobremesas.	54
Tabela 12 - Valores dos parâmetros L^* , a^* e b^* (CIELAB) dos ensaios de substituição de açúcar (E).	59
Tabela 13 - Formulações para o estudo da incorporação de hidrocolóides em sistemas modelo.	60
Tabela 14 - Valores dos parâmetros L^* , a^* e b^* (CIELAB) dos ensaios de estudo dos sistemas modelo.	72
Tabela 15 – Melhores resultados dos ensaios de estudo dos sistemas modelo, de acordo com os valores dos parâmetros das referências comerciais.	74

ÍNDICE DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a* - Coordenada vermelho/verde

ADN - Ácido desoxirribonucleico

AT - Alergia ao Trigo

b* - Coordenada amarelo/azul

DC - Doença Celíaca

DDA - Dose Diária Admissível

EFSA - Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos

FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura

G* - Módulo complexo

G' - Módulo elástico

G'' - Módulo viscoso

H* - Tonalidade

IAA - Índice de absorção de água

INE – Instituto Nacional de Estatística

ISO - International Standards Organization

IS - Índice de solubilidade

K⁺ - Ião potássio

L* - Luminosidade

m_{amost} - Massa da amostra

m_{res} - Massa do resíduo

m_{sed} - Massa do sedimento

SGDC - Sensibilidade ao Glúten sem Doença Celíaca

S – Sinerese

TPA - Teste de análise de perfil de textura

t – Tempo

UE – União Europeia

W_a - Massa de líquido da amostra

W_g - Massa inicial do gel

τ - Tensão aplicada

γ̇ - Taxa de deformação

ΔE* - Diferença total de cor

INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos cereais mais cultivados e consumidos no mundo. Durante o seu processamento, as indústrias arroseiras geram aproximadamente 40% de subprodutos, como trincas de arroz. A trinca de arroz, o subproduto utilizado neste trabalho, segundo dados do INE, pode representar cerca de 20% do arroz branqueado, sendo posteriormente transformada em farinha de arroz. Atualmente, em Portugal, há um excesso de trinca de arroz que não é consumida pelos portugueses. Como tal, grande parte desse subproduto é vendido a indústrias de alimentos compostos para animais, desvalorizando o produto economicamente (INE, 2014; FAO RMM, 2015).

As pessoas estão cada vez mais sensibilizadas relativamente a doenças associadas a diversos compostos alimentares e procuram dietas isentas de glúten, mesmo que, por vezes, não tenham a doença ou intolerância associada aos mesmos. As proteínas do trigo, incluindo as do glúten, são um exemplo dessas intolerâncias, sendo que a mais conhecida é a doença celíaca (DC). A nível mundial, cerca de 10% da população pode ser afetada por doenças associadas ao trigo. Devido ao aumento de casos de DC diagnosticados, o mercado de produtos isentos de glúten tem aumentado. Contudo, este mercado nem sempre tem uma oferta variada e os produtos são muito dispendiosos para o consumidor (Scherf *et al.*, 2015; Morita *et al.*, 2012; Czaja-Bulsa, 2015; Capili *et al.*, 2014).

Devido à incapacidade de formar glúten, o arroz é um dos alimentos eleitos para o desenvolvimento de produtos isentos de glúten e, como tal, foram realizados vários estudos para a utilização de subprodutos do arroz, em detrimento do trigo, em produtos como: pão, bases de pizzas ou bolachas. No entanto, nenhum estudo havia sido feito acerca de sobremesas (Silva, 2014).

As sobremesas são conhecidas como alimentos que se comem no fim de uma refeição. Têm na sua formulação elementos espessantes que possuem a capacidade de formar glúten, como o trigo, não sendo apropriadas para portadores de doença celíaca, ou de outras doenças associadas ao trigo. Sendo tipicamente ricas em açúcar, gordura e tendo na sua composição trigo, torna-se importante o desenvolvimento de sobremesas mais saudáveis e adaptadas a portadores de doenças relacionadas com a ingestão de trigo (isentas de glúten) (Alija & Talens, 2012). Contudo, para o desenvolvimento de sobremesas com baixo teor de açúcar, de gordura, e isentas de trigo, a nível tecnológico, é muitas vezes necessário recorrer a aditivos que melhorem as propriedades viscoelásticas e sensoriais das sobremesas isentas de glúten, como por exemplo, os hidrocolóides. Estes são um grupo diverso de polímeros, propensos a absorver água e a inchar, aumentando a viscosidade e podendo formar géis (Li & Nie, 2016).

Este trabalho constitui uma dissertação de 2º ciclo em Engenharia Alimentar e foi realizado no âmbito do Projeto QREN n.º 38749 “Arroz+ – Valorização do farelo e da trinca de

arroz para produção de alimentos de valor acrescentado”, proposto pela empresa NOVARROZ, S.A. e em parceria com o Instituto Superior de Agronomia (ISA). Trata-se de um projeto que tem como principal objetivo o desenvolvimento de produtos isentos de glúten, a partir de subprodutos da indústria arroseira. Assim sendo, o principal objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento de sobremesas gelificadas que se inserem nos grupos de “papa”, “pudim” e “cobertura”, utilizando os subprodutos dessa indústria, nomeadamente a trinca de arroz carolino, de forma a valorizá-los.

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os cereais são alimentos básicos para a humanidade, sendo cultivados em quase 60% da terra cultivada mundialmente. A sua produção tem aumentado ao longo dos anos, atingindo sucessivamente valores recorde. Relativamente aos dados mais recentes disponibilizados pela FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura), de 2014, o milho, o trigo e o arroz foram os principais cereais cultivados (89%). O arroz, apesar de ter a produção mais baixa, é dos cereais mais importantes para o Homem, contribuindo para o consumo humano com cerca de 78% da sua produção, enquanto o trigo e o milho contribuem com cerca de 64% e 14%, respetivamente (FAOSTAT, 2014; FAO RMM, 2015; Global Rice Science Partnership, 2013).

1.1 Arroz

Os registos arqueológicos relativos à domesticação do arroz (*Oryza sativa* L.) permanecem incompletos, contudo algumas cascas de grãos de arroz cultivado há mais de 7000 anos foram encontradas no sul da China. Através de análises ao ácido desoxirribonucleico (ADN) confirmou-se que a subespécie inicialmente cultivada no sul da China era a *japonica* (*Oryza sativa* L. ssp. *japonica*) e que, posteriormente, através da introgressão¹ dos alelos domesticados na população selvagem a oeste, deu origem à subespécie *indica* (Doebley *et al.*, 2006; Sang & Ge, 2013).

A oeste, a disseminação do arroz prosseguiu pela zona do Mediterrâneo tendo chegado à península ibérica através dos árabes, há cerca de 1000 anos. Posteriormente, foi difundido pela América através das explorações e navegações marítimas (Nayar, 2014).

1.1.1 Produção e consumo de arroz

Em 2014, o arroz foi um dos cereais mais produzidos e consumidos mundialmente com produções de 741 Mt, sendo a Ásia o maior produtor com cerca de 90% da produção mundial, seguida pela América, África, Europa e Oceânia. A União Europeia (UE) contribuiu com apenas 0,4% da produção mundial de arroz, tendo Portugal produzido 5,6% do total desta. (FAO, 2004; FAOSTAT, 2014).

O consumo de arroz representa 20% da energia obtida mundialmente através da alimentação e este caracteriza-se como principal alimento para mais de metade da população mundial. Em 2014, o seu consumo global rondou os 54,6 kg *per capita*, bastante incrementado pelos países com grande tradição de produção/consumo de arroz (China, Índia, Indonésia, entre outros), ficando a UE significativamente abaixo desse valor com uma média de 5,2 kg *per capita*. Muito superior a esta média está Portugal, que foi o segundo país da UE com maior

¹ Introgressão - incorporação de alelos de uma espécie para o conjunto de genes de outra espécie através de cruzamentos repetidos (Harrison & Larson, 2014).

consumo anual de arroz *per capita*, com cerca de 17 kg. Apesar do elevado consumo, Portugal é quase autossuficiente, tendo atingido um grau de auto-aprovisionamento de arroz de 97% (FAO RMM, 2015; INE, 2014; FAO, 2004; FAO 2014; Global Rice Science Partnership, 2013).

1.1.2 Morfologia e composição química do grão de arroz

O arroz é uma planta da família das Gramíneas e o seu fruto (Figura 1) é uma cariopse envolvida por uma camada protetora, a casca. A casca, composta por duas folhas modificadas, a palea e a lemma, corresponde a cerca de 20% da massa do grão. A cariopse é formada por diferentes camadas, sendo as mais externas o pericarpo e o tegumento (envolvem e protegem a semente) e a camada de aleurona (fornece, quando necessário, enzimas para a degradação das reservas do endosperma). Estas três camadas constituem 5-8% da massa de arroz descascado e, para a indústria, representam o farelo. Segundo o Decreto-Lei n.º 62/2000 de 19 de abril, entende-se por farelo o subproduto obtido na operação de descasque, resultante da trituração da casca. No entanto, ao longo deste trabalho refere-se farelo como o subproduto constituído pelos resíduos das camadas do pericarpo e/ou gérmen. Na Tabela 1 consta a composição morfológica do arroz.

A semente é composta pelo endosperma, que é duro, cristalino e contém as reservas do grão, e pelo gérmen, responsável pela origem do novo vegetal quando há germinação da semente. O gérmen representa cerca de 2-3% da massa de arroz descascado e o endosperma cerca de 89-94%. (Hoseney, 1986; Sharp, 1991; United Nations Industrial Development Organization, 1985; Costa *et al.*, 2011).

Tabela 1 – Composição morfológica do arroz.

Fonte: United Nations Industrial Development Organization, 1985.

Constituinte	Teor relativo (%) no		
	Arroz em casca	Arroz descascado	Arroz branqueado
Casca	20	-	-
Farelo		5-8	-
Gérmen	80	2-3	-
Endosperma		89-94	100

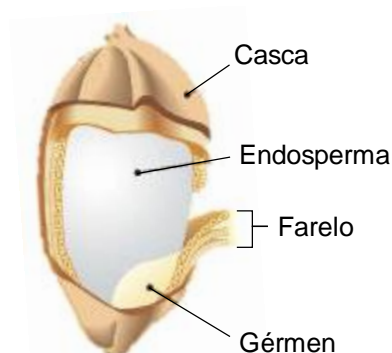


Figura 1 – Morfologia de um grão de arroz.
Fonte: International Rice Research Institute (2006)

O arroz é constituído principalmente por amido, tendo também na sua constituição proteínas, lípidos, fibras, vitaminas e minerais. Estes constituintes não se encontram distribuídos de forma homogénea no grão, tendo as camadas mais externas uma maior concentração de proteínas, lípidos, fibras, minerais e vitaminas, enquanto o centro é rico em amido. Como tal, após remover a casca, o farelo e o gérmen, o arroz fica com uma concentração de amido elevada enquanto a dos outros constituintes diminui significativamente

(arroz branqueado). Na Tabela 2, o arroz descascado tem de facto uma menor quantidade de hidratos de carbono e uma maior quantidade de outros constituintes, em relação ao arroz branqueado.

Durante o descasque, as alterações mais significativas que ocorrem são em relação à fibra ($\approx 90\%$ de perdas) e às cinzas ($\approx 65\%$ de perdas). Relativamente ao processo de branqueamento as maiores alterações são em relação à gordura ($\approx 75\%$ de perdas), à fibra ($\approx 70\%$ de perdas) e às cinzas ($\approx 55\%$ de perdas) (United Nations Industrial Development Organization, 1985).

Tabela 2 – Constituintes do arroz nas diversas fases de processamento do mesmo.
Fonte: United Nations Industrial Development Organization (1985).

Constituinte	Teor relativo (%) em			Alterações (%) durante	
	Arroz em casca	Arroz descascado	Arroz branqueado	Descasque	Branqueamento
Hidratos de Carbono	76,46	85,4	90,15	+11,69	+5,56
Proteínas	9,24	10,12	8,38	+9,52	-17,19
Lípidos	2,11	2,38	0,63	+12,80	-73,53
Fibra	8,84	0,91	0,29	-89,71	-68,13
Cinza	3,35	1,19	0,55	-64,48	-53,78

Contudo, a composição química do arroz está sujeita a variações, dependentes principalmente das condições edafoclimáticas, das variedades, do processamento e do armazenamento.

1.1.2.1 Amido

O amido, concentrado no endosperma, é o principal constituinte do arroz e corresponde a aproximadamente 90% da matéria seca do arroz branqueado. Para além do seu valor nutricional, o amido tem propriedades físicas que o tornam num ingrediente fundamental em certos produtos, como pudins (gelificação) ou molhos (espessamento) (Hoseney, 1986).

O amido nativo é composto por polímeros de α -D-glucose, mais especificamente por polímeros de amilopectina e de amilose. Alguns amidos modificados apenas contêm um dos polímeros. Segundo a Thomas & Atwell (1999), o arroz tem cerca de 81% de amilopectina, sendo os restantes 19% pertencentes à amilose.

A **amilose** é um polímero de glucose, essencialmente linear, com ligações α -1,4, enquanto a **amilopectina** é um polímero ramificado de glucose, muito maior e com ligações α -1,4 e α -1,6. As moléculas de amilopectina e de amilose unem-se através de ligações covalentes, formando grânulos de amido que, no caso do arroz, têm forma poligonal e tamanho de **3-8 μ m** (dos mais pequenos encontrados nos cereais) (Liu, 2005). O arranjo destes dois polímeros no interior dos grânulos de amido é bastante organizado. Contudo, ao aquecer os grânulos na presença de água estes ficam menos organizados e, dependendo da

temperatura de gelatinização, que no caso do arroz é 68-78°C, e do tipo de amido, começam a absorver água e a inchar, até que a sua estrutura se desintegra (Hoseney, 1986). Consequentemente, há a perda de birrefringência e a libertação da amilose e de alguma amilopectina para o meio aquoso, aumentando a viscosidade, dado que parte da água fica retida nos grânulos e estes, cada vez maiores, dificultam o movimento da água. Esta alteração irreversível denomina-se gelatinização (Thomas & Atwell, 1999; Jane, 2009; Bertoft, 2004).

Os polímeros têm tendência a reassociarem-se aquando o seu arrefecimento, pois deixa de haver tanta energia para manter as moléculas separadas, observando-se o aumento da viscosidade da solução. A este fenómeno chama-se retrogradação do amido. À medida que a retrogradação vai ocorrendo, a pasta de amido vai-se tornando opaca e forma um gel – rede tridimensional que retém as moléculas de água que, com o tempo, vai ter a tendência de libertar um líquido (sinérese).

A retrogradação é um processo contínuo que, inicialmente, envolve a rápida recristalização de moléculas de amilose, seguida por uma recristalização lenta de moléculas de amilopectina. E isto porque as amiloses, devido à sua conformação linear, ligam-se mais facilmente umas às outras. A sua retrogradação determina a firmeza inicial de um gel de amido e a sua viscosidade. Já o desenvolvimento a longo prazo da estrutura de gel e a sua cristalinidade é devido à retrogradação da amilopectina (Thomas D & Atwell W, 1999; Wang *et al.*, 2015).

1.1.2.2 Proteína

No geral, o teor de proteína no arroz é menor que nos outros cereais, mas maior que no trigo. As proteínas são o segundo constituinte mais abundante no arroz, cerca de 8% do arroz branqueado, e a sua composição em aminoácidos é relativamente equilibrada, contendo vários aminoácidos essenciais, como a valina (10%), a leucina (8,24%) e a treonina (4,34%) (Jacob-Lopes *et al.*, 2006; Hoesney, 1986).

Sgarbieri (1996) afirmou que as proteínas dos cereais podem ser classificadas, de acordo com a solubilidade em:

- Albuminas, solúveis em água desionizada;
- Globulinas, solúveis em soluções salinas diluídas;
- Prolaminas, solúveis em soluções alcoólicas a 70-80%;
- Glutelinas, solúveis em soluções ácidas ou alcalinas diluídas.

No caso das proteínas do arroz branqueado, estas consistem em 5% de albuminas, 10% de globulinas, menos de 5% de prolaminas e cerca de 80% de glutelinas. As proteínas de reserva do arroz são caracterizadas pela desproporção de **prolaminas** para glutelinas ($\approx 1:30$). Ambas as frações têm a menor quantidade de prolina nas proteínas de reserva dos cereais (Wieser *et al.*, 2014; Sgarbieri, 1996).

As proteínas do glúten, incluindo a glutenina (glutelina) e a gliadina (prolamina), são conhecidas por induzir uma série de doenças, principalmente a gliadina, incluindo a doença celíaca. O arroz não tem a capacidade de formar glúten e, segundo Chen *et al.* (2010), os anticorpos específicos para a prolamina do trigo não reconhecem a prolamina do arroz. Como tal, esta proteína não provoca nenhuma doença associada ao glúten, tornando o arroz um alimento relevante nas dietas isentas de glúten, essenciais para pessoas com intolerâncias ao mesmo.

1.1.2.3 Outros constituintes

O arroz, embora em menores quantidades, tem também na sua composição alguns lípidos, fibras, vitaminas e minerais. As suas concentrações são maiores nas camadas exteriores do grão e vão diminuindo em direção ao seu centro.

Os lípidos estão concentrados na camada de aleurona e no gérmen, estando presentes em menor quantidade no endosperma. Desta forma, e como foi visto anteriormente, há uma grande perda de lípidos com o branqueamento do arroz ($\approx 74\%$), restando cerca de 0,63 g de lípidos por cada 100 g de arroz branqueado. Os principais ácidos gordos presentes no arroz são o ácido palmítico, oleico e linoleico, correspondendo a cerca de 95% dos ácidos gordos totais. Além dos ácidos gordos, existe um antioxidante muito requisitado atualmente pelos seus efeitos benéficos para a saúde, o γ -orizanol (Pestana-Bauer *et al.*, 2012).

A maior variação de fibras é aquando do descasque do grão e, como se viu na Tabela 2, ocorre uma perda de aproximadamente 90%. Em relação aos minerais, o arroz tem, principalmente, potássio, magnésio e fósforo. Quanto às vitaminas, o arroz contém vitaminas do complexo B e α -tocoferol (vitamina E) (Porto & Oliveira, 2007).

1.1.3 Variedades de arroz

A morfologia do grão de arroz, juntamente com outras características, serviu como base para classificar o arroz em três subespécies: *indica*, *japonica* e *javanica*. Destas subespécies apenas a *indica* e a *japonica* têm importância comercial, visto que a *javanica* é pouco cultivada. A mais cultivada é a *indica*, com plantações que chegam aos 80% da plantação mundial de arroz. Contudo, em Portugal a mais cultivada é a *japonica* (Sharp, 1991; Santos, *et al.*, 2013).

Tendo em consideração a Legislação aplicável (Decreto-Lei n.º 62/2000 de 19 de abril), os grãos de arroz classificam-se quanto ao comprimento dos grãos de arroz em:

- Arroz de grãos redondos: grãos de comprimento (C) inferior ou igual a 5,2 mm ($C \leq 5,2$), cuja relação comprimento/largura (C/L) seja inferior a 2 ($C/L < 2$);
- Arroz de grãos médios: grãos de comprimento superior a 5,2 mm e inferior ou igual a 6,0 mm ($5,2 < C \leq 6$), cuja relação comprimento/largura seja inferior a 3 ($C/L < 3$);
- Arroz de grãos longos:

- Tipo A: grãos de comprimento superior a 6,0 mm ($C > 6$) e cuja relação comprimento/largura seja superior a 2 e inferior a 3 ($2 < C/L < 3$);
- Tipo B: grãos de comprimento superior a 6,0 mm ($C > 6$) e cuja relação comprimento/largura seja superior ou igual a 3 ($C/L \geq 3$).

O arroz agulha, pertencente à subespécie *indica*, tem grãos longos e finos, estando dentro da categoria dos grãos longos do tipo B. Por sua vez, o arroz carolino, pertencente à subespécie *japonica*, tem grãos longos mas arredondados, pertencendo à categoria dos grãos longos do tipo A. As duas subespécies não só diferem na sua classificação como também em relação ao seu amido. Os *indica* têm um teor de amilose mais elevado, logo não absorvem tanta água e retrogradam mais facilmente. Por sua vez os *japonica* têm um teor de amilopectina mais elevado, como tal, os grânulos absorvem mais água, apresentando uma textura menos firme. A absorção de água está diretamente relacionada com a quantidade de amilopectina presente, devido ao facto de esta ter mais pontos terminais que a amilose, captando mais facilmente a água (Santos *et al.*, 2013; Wang *et al.*, 2015; Jang *et al.*, 2016; Inouchi *et al.*, 2005).

1.1.4 Valorização de subprodutos da indústria arroseira

Durante o processamento do arroz são gerados diversos subprodutos como a casca, o farelo e as trincas.

Representando cerca de 20% da massa do grão, a casca é rica em celulose (50%) e lenhina (30%). Esta destaca-se não só pelo seu grande volume de produção, mas também por representar um resíduo agrícola subvalorizado indigerível, sendo usada em várias aplicações de baixo valor, nomeadamente no revestimento de pisos de locais de permanência de animais, condicionamento de solos ou o simples despejo em aterros e queima a céu aberto (Fernandes *et al.*, 2016).

O farelo representa 5-8% do arroz descascado e é rico em lípidos, proteínas, minerais, vitaminas e fibra. O seu conteúdo lipídico torna-o num excelente ingrediente para alimentos compostos para animais devido à sua capacidade de interligar os diversos ingredientes, e atualmente 90% do farelo produzido tem esse destino. Mais recentemente, devido a técnicas de estabilização do farelo, têm aparecido novos usos para o mesmo, incluindo o seu uso em produtos cosméticos, a extração do seu óleo para cozinhar e a sua incorporação em outros produtos, como o pão (Gul *et al.*, 2015; Silva, 2014).

A trinca de arroz, o subproduto utilizado neste trabalho, segundo o Decreto-Lei n.º 62/2000 de 19 de abril, é o fragmento de grão cujo comprimento é inferior a três quartos da média dos comprimentos dos grãos típicos da variedade. Estas, segundo os dados do INE, podem representar cerca de 20% do arroz branqueado (INE, 2014).

Em 2014, Portugal teve um grau de auto-aprovisionamento de trinca de arroz de cerca de 188%, havendo um excesso de trinca de arroz que não é consumida pelos portugueses.

Grande parte dessa trinca é vendida a indústrias de alimentos compostos para animais, aumentando a sua desvalorização económica. Como tal, e sendo a trinca um subproduto nutricionalmente semelhante ao grão de arroz, é de grande interesse o seu aproveitamento e valorização na alimentação humana (INE, 2014; FAO RMM, 2015).

1.2 Glúten

O glúten é uma rede tridimensional elástica formada principalmente por proteínas insolúveis: as gliadinas (prolaminas) e as gluteninas (glutelinas). As gliadinas são responsáveis pela viscosidade e extensibilidade do glúten, enquanto as gluteninas são responsáveis pela sua coesividade e elasticidade. Ambas as frações, tal como a rede de glúten, encontram-se esquematizadas na Figura 2 (Yin *et al.*, 2008; Kasarda, 1989).



Figura 2 – Glúten e as suas proteínas (gliadina e glutenina).
Fonte: Chopra & Panesar (2010).

O glúten possui um papel fundamental nos produtos que requerem crescimento, como é o caso do pão, pois forma membranas finas que retêm as bolhas de gás, formadas durante a fermentação, fornecendo estrutura ao pão (Torbica *et al.*, 2012).

Apenas o trigo possui ambas as frações em quantidades apreciáveis, sendo o único capaz de formar glúten. Contudo, o centeio, a cevada e a aveia têm na sua constituição a fração semelhante às gliadinas (prolaminas), responsável por algumas sensibilidades ao glúten (Scherf *et al.*, 2015; Guandalini, 2008).

1.3 Patologias associadas ao trigo

Existem diversas doenças relacionadas com a ingestão e/ou contacto com as proteínas do trigo, principalmente as frações proteicas do glúten. As principais são a Doença Celíaca (DC), a Alergia ao Trigo (AT) e a Sensibilidade ao Glúten sem Doença Celíaca (SGDC). Atualmente a mais falada é a DC, porém é a que tem menor incidência. De seguida estas três patologias são descritas resumidamente.

A DC é uma doença auto-imune, do foro digestivo, crónica, que causa inflamação no intestino delgado, em indivíduos geneticamente suscetíveis, através da ingestão das proteínas do glúten – a fração proteica gliadina. Normalmente as proteínas dos alimentos são degradadas em aminoácidos, dipéptidos e tripéptidos através das enzimas do sistema digestivo. As frações proteicas do glúten são mais resistentes à degradação por serem ricas

em prolinas, cuja estrutura é quimicamente coesa e rígida, resultando na passagem de péptidos longos até às vilosidades do intestino delgado. Ao chegar ao intestino delgado vão desencadear um mecanismo complexo que induz os linfócitos a libertarem anticorpos e a atacarem diretamente as células do intestino delgado, mais especificamente os enterócitos, desabilitando-as gradualmente, como é visível na Figura 3 (Biagi *et al.*, 2006; Hischenhuber *et al.*, 2005).

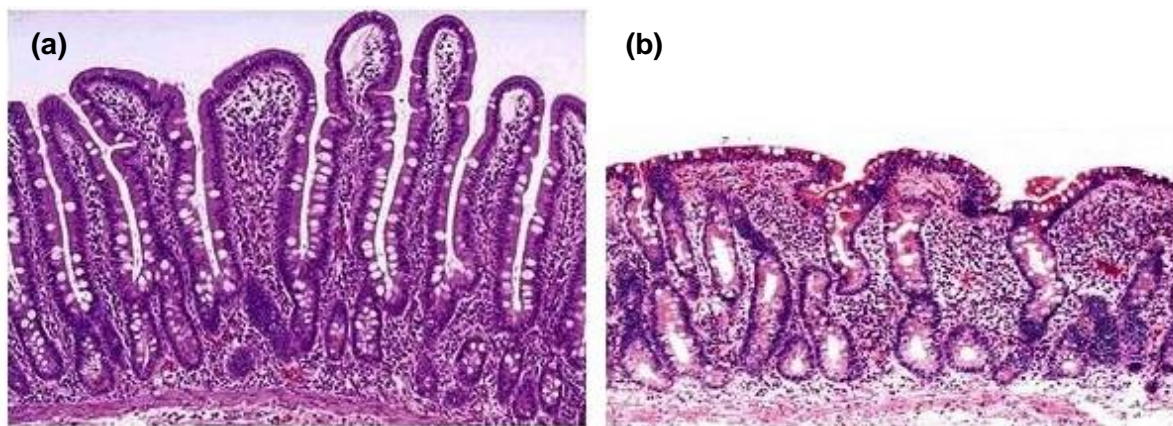


Figura 3 – Vilosidades de um intestino delgado normal (a) e de um danificado ao longo dos anos devido à intolerância ao glúten (b).
Fonte: Gupta (2014)

À medida que os enterócitos se vão danificando a absorção dos nutrientes torna-se deficiente devido à menor superfície de absorção dos mesmos. Os sintomas mais comuns da DC são diarreia, esteatorreia (aumento de gordura nas fezes), vômitos e dores abdominais, podendo também causar marcha e movimentos atáxicos (falta de coordenação de movimentos), atrofia cerebelar, prurido e sensação de queimadura intensa pela formação de pequenas vesículas. Esta doença pode ocorrer em qualquer idade atingindo cerca de 0,33-1% da população mundial e sendo o sexo feminino o mais afetado. É um dos transtornos alimentares mais comuns (Ferguson *et al.*, 1993; Fasano *et al.*, 2003; Scherf *et al.*, 2015).

A AT é uma reação imunológica adversa às proteínas do trigo, podendo ser despoletada através do seu consumo, inalação ou contacto. Os seus sintomas dependem do tipo de alergia, mas incluem dificuldades respiratórias, distensão abdominal, diarreia, dor abdominal, urticária, hipotensão e choque anafilático. A sua prevalência é de 0,2-4% da população mundial (Scherf *et al.*, 2015; Morita *et al.*, 2012; Battais *et al.*, 2003).

A patogénese da SGDC não é totalmente conhecida, contudo alguns estudos apontam para uma relação com o sistema imunitário inato e com a permeabilidade do intestino delgado. Esta desordem tem sintomas semelhantes à DC mas com normal histologia do intestino delgado. A sua prevalência é maior que na DC e na AT, podendo chegar aos 6% da população mundial (Scherf *et al.*, 2015; Fasano *et al.*, 2015).

Na Tabela 3 encontram-se resumidas as três doenças. Se estas patologias não surgirem em simultâneo, cerca de 10% da população mundial pode ser afetada.

Tabela 3 – Características de doenças despoletadas pelo trigo.

Doença	Sintomas comuns	Incidência na População mundial	Tratamento
Doença Celíaca (DC)	Diarreia, vômitos, dores abdominais.	0,33-1% ¹	
Alergia ao Trigo (AT)	Dificuldades respiratórias, diarreia, dor abdominal, urticária, hipotensão, choque anafilático.	0,4-4% ²	Dieta isenta de glúten
Sensibilidade ao Glúten sem Doença Celíaca (SGDC)	Diarreia, vômitos, dores abdominais.	0,33-6% ³	

¹ Scherf *et al.* (2015); ² Morita *et al.* (2012); ³ Czaja-Bulsa (2015); Capili *et al.* (2014).

Atualmente, o único tratamento para estas doenças é uma dieta isenta de glúten e de proteínas de trigo, limitando assim a escolha de produtos alimentares por parte das, possíveis, 750 milhões de pessoas afetadas pelas mesmas. Desta forma, torna-se cada vez mais importante o desenvolvimento de produtos isentos de glúten (Scherf *et al.*, 2015).

De forma a facilitar um pouco mais a escolha das pessoas com sensibilidades às proteínas do trigo, no dia 20 de julho de 2016 entrou em vigor o regulamento (UE) n.º 609/2013, relativo à composição e rotulagem dos géneros alimentícios adequados a pessoas com intolerância ao glúten. Este regulamento declara nos pontos 1 e 2 do 3º artigo, e no anexo, que todos os géneros alimentícios destinados a pessoas com intolerância ao glúten deverão conter obrigatoriamente no rótulo, as inscrições “teor muito baixo de glúten” ou “isento de glúten”, conforme o caso. Para fins de rotulagem, um produto só pode conter a inscrição “teor muito baixo de glúten” e “isento de glúten” se o teor de glúten não for superior a 100 e a 20 mg/kg, respetivamente. A imagem associada a produtos isentos de glúten, e a utilizada atualmente, é a de uma espiga com um risco diagonal sobreposto, como a representada na Figura 4.



Figura 4 - Imagem associada a produtos isentos de glúten.

Fonte: Associação Portuguesa de Celíacos.

1.4 Sobremesas gelificadas

As sobremesas são conhecidas em muitas culturas como alimentos que se comem no fim de uma refeição. Tipicamente são doces e cremosas e, consequentemente, ricas em açúcar e em gordura (Alija & Talens, 2012). No entanto, e uma vez que a mudança de hábitos alimentares e estilos de vida sedentários têm levado a um aumento da obesidade em todo o mundo (em 2014, 13% da população mundial adulta era obesa), as pessoas começam a optar por alimentos mais saudáveis. Procurando satisfazer as necessidades de um mercado cada vez mais consciente, as sobremesas são desenvolvidas à base de água, farinha de arroz, fruta, edulcorantes e hidrocolóides com vista à diminuição das quantidades de açúcar e de gordura, tão usualmente presentes em outras sobremesas (WHO, 2016; García *et al.*, 2015).

1.4.1 Farinha de arroz

A farinha de arroz, segundo o Decreto-Lei n.º 62/2000 de 19 de abril, é o produto resultante da moenda de grãos inteiros ou trincas branqueadas. Neste trabalho a farinha foi obtida através da moenda das trincas de arroz carolino branqueado.

O amido utilizado nas sobremesas tem como função a formação de um gel e a substituição da maior parte da gordura, normalmente presente nas sobremesas. Ao diminuir substancialmente a gordura das sobremesas o seu sabor vai-se alterar, bem como a sensação na boca (*mouthfeel*). Contudo, o pequeno tamanho dos grânulos de amido de arroz, semelhante ao tamanho dos glóbulos de gordura, e os géis formados a partir do amido de arroz fazem com que seja um bom substituto de gordura, melhorando a sensação na boca e dando textura (Trudso, 1988; Chopra & Panesar, 2010; Bertoft, 2004).

1.4.2 Ananás desidratado

A desidratação é uma operação que retira quase toda a água do alimento, causando o mínimo impacto nas propriedades do mesmo. Esta operação não só permite que os alimentos se conservem por períodos de tempo maior, como é útil para a transportação, devido à redução de volume e massa (Potter & Hotchkiss, 1995; Adaskaveg *et al.*, 2002).

O ananás desidratado, utilizado em sobremesas, confere cor, sabor e textura às mesmas, melhorando a sua palatabilidade e qualidade. A sua incorporação é realizada utilizando granulometrias adequadas ao tipo de produto, de modo a permitir ao consumidor apreciar a textura dos seus pedaços, não sendo estes demasiado grosseiros.

Todos os ingredientes das sobremesas são microbiologicamente seguros, contudo, ao manipular-se o ananás durante à sua redução de dimensões, este está sujeito a contaminações microbiológicas. De forma a preservar ao máximo as vitaminas presentes no fruto, bem como os seus antioxidantes, este é adicionado a 60 °C, pois, a maioria dos microrganismos patogénicos para os humanos, não cresce a esta temperatura e têm um tempo de redução decimal inferior a 5 min ($D_{60} < 5$ min) (Food Pathogen Control Data Summary, 2011).

1.4.3 Edulcorantes

O sabor doce é um desejo inato do ser humano e a sua preferência é conhecida há cerca de 3 000 anos. Esta preferência está relacionada com a presença de hidratos de carbono simples nos alimentos, como a glucose e a frutose, pois a sua absorção é mais fácil e rápida (Teixeira *et al.*, 2011; Aija & Talens, 2012).

Os edulcorantes são substâncias, com ou sem valor energético, que têm gosto doce e que são utilizados para dar esse mesmo gosto a outros alimentos. Os edulcorantes podem ser divididos, relativamente à sua origem, em duas categorias: os naturais, que existem na

natureza; e os sintéticos, que não existem na natureza e que são obtidos através de processos industriais (Chopra & Panesar, 2010).

Açúcar

O edulcorante natural mais utilizado mundialmente é o açúcar e, apesar de correntemente o termo “açúcar” estar relacionado com a sensação doce que se sente na boca, segundo o Decreto-Lei n.º 290/2003 de 15 de novembro, açúcar é “sacarose purificada e cristalizada, de boa qualidade, garantida e comercializável”.

O açúcar, $C_{12}H_{22}O_{11}$, é um glúcido formado por uma molécula de glucose e outra de frutose. Para a sua obtenção é necessário realizar a extração da cana-de-açúcar ou da beterraba sacarina e, posteriormente, realizar a sua refinação.

O açúcar tem diversos problemas associados à sua utilização, como o seu elevado conteúdo calórico ($\approx 3,8$ kcal/g), as cáries e a desmineralização dentária resultantes da produção de ácido através da fermentação dos hidratos de carbono, e a *Diabetes mellitus*, também conhecida como diabetes sacarina, para além de não ser apto para diabetes insulín dependentes (tipo1). Com o objetivo de reduzir significativamente as doenças associadas à má alimentação, a Organização Mundial de Saúde (OMS) elaborou um plano de ação, no qual uma das prioridades é a redução de produtos ricos em açúcar. Este plano de ação, juntamente com o aumento da procura por alimentos mais saudáveis, tem levado a uma maior substituição do açúcar por outros edulcorantes, especialmente em produtos que continham muito açúcar, como as sobremesas (Chopra & Panesar, 2010; EFSA, 2011; WHO, 2014).

Glicosídeos de esteviol (E 960)

Provenientes das folhas da planta *Stevia rebaudiana* B., os glicosídeos de esteviol são um edulcorante de origem natural não calórico com um poder edulcorante de até 300 vezes superior à da sacarose (EFSA, 2015). Os seus principais glicosídeos são o esteviosídeo e o rebaudiosídeo A ($\geq 75\%$), que podem ter poder edulcorante de 300 e 450 vezes superiores à sacarose, respetivamente. Ao contrário do açúcar, alguns estudos demonstram que os glicosídeos de esteviol não fermentam, ou seja, não levam à formação de placa dentária nem alimentam bactérias que poderiam causar cáries (Chopra & Panesar, 2010; Puri *et al.*, 2011).

Para além do poder edulcorante, os extratos de estevia aumentam a palatabilidade e atratividade dos produtos alimentares através da melhoria dos aromas e dos sabores. O seu metabolismo é independente da produção de insulina, fazendo com que este edulcorante seja apto para diabéticos insulín dependentes. Contudo este edulcorante é também conhecido por deixar um gosto amargo posterior à sua ingestão, pois a maioria dos processos utilizados para a sua extração são químicos ou à base de solventes (Puri *et al.*, 2011).

Em 2010, e após alguns estudos, o Painel Científico dos Aditivos Alimentares e Fontes de Nutrientes Adicionados aos Alimentos concluiu que os glicosídeos de esteviol não são cancerígenos nem genotóxicos e, de modo a evitar excessos por parte dos consumidores e dos produtores, a Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos (EFSA) fixou uma Dose Diária Admissível (DDA) de 4 mg/kg de massa corporal. Contudo, foi necessário definir teores máximos deste edulcorante por categorias de alimentos, pois os consumidores de alto nível excediam a DDA. No Regulamento (UE) n.º 1131/2011 publicado a 11 de novembro estão descritos os limites de acordo com a categoria do alimento, sendo que as sobremesas deste trabalho encontram-se na categoria 16 “Sobremesas, exceto produtos abrangidos pelas categorias 1, 3 e 4” que tem um teor máximo de glicosídeos de esteviol de 100 mg/kg de produto (EFSA, 2015).

Xilitol (E 967)

O xilitol, $C_5H_{12}O_5$, é um edulcorante natural calórico ($\approx 2,4$ kcal/g) com um poder edulcorante semelhante ao do açúcar e, segundo o Regulamento (UE) n.º 1130/2011 de 11 de novembro, é principalmente constituído por D-xilitol, sendo a restante parte constituída por substâncias aparentadas, como L-arabinitol, galactitol, manitol, sorbitol (Chopra & Panesar, 2010).

Este edulcorante é encontrado em pequenas quantidades nas frutas e vegetais e é utilizado em várias indústrias. Ao contrário de outros edulcorantes, o xilitol promove a saúde oral na medida em que promove a remineralização dos dentes e não provoca cáries, como o açúcar (EFSA, 2011). Tal facto é apoiado por vários estudos feitos que, utilizando microscópios eletrónicos de alta-definição, observaram a indução na remineralização dos dentes em camadas mais profundas. Tal como nos glicosídeos de esteviol, o seu metabolismo é independente da produção de insulina, fazendo com que este edulcorante seja também apto para diabéticos insulínos dependentes (Cardoso *et al.*, 2016; Natah *et al.*, 1997).

O aumento da preocupação em relação à saúde por parte do consumidor tem levado à adoção, por parte de várias indústrias, deste edulcorante, quer para a realização de fármacos, quer para a realização de produtos para a higiene oral. Este aumento de procura levou à necessidade de encontrar alternativas menos dispendiosas para a produção deste edulcorante. Essas alternativas passam pela produção química, microbiológica e enzimática (Pal *et al.*, 2016).

Segundo o Regulamento (UE) n.º 1130/2011 de 11 de novembro não há limites definidos para a utilização do Xilitol, no entanto como o consumo de doses diárias de 50-70 g têm efeito laxativo, a Diretiva 94/54/CE da Comissão de 18 de novembro de 1994 tornou obrigatória a declaração informativa “o seu consumo excessivo pode ter efeitos laxativos” se os produtos tiverem mais de 10% de polióis (edulcorantes não açúcar), no qual o Xilitol está incluído (Smith & Hong-Shum, 2003).

1.4.4 Hidrocolóides

A procura de alimentos mais saudáveis é um dos principais fatores no desenvolvimento do mercado de hidrocolóides, pois estes conseguem melhorar as propriedades organolépticas e físicas do produto, como por exemplo, permite a formação de géis, emulsificação, estabilização ou criação de revestimentos. São também muito utilizados em produtos cujo teor de gordura foi reduzido, uma vez que estes imitam a textura da gordura (Li & Nie, 2016).

Em 2014, o mercado mundial de hidrocolóides era composto por cerca de 70% de amido, 12% de gelatina, 5% de pectina, 5% de carragenato e 4% de xantana. A escolha do hidrocolóide ideal recai sobre vários fatores, como o preço do hidrocolóide, a sua segurança e o tipo de produto alimentar. Como tal, a grande utilização de amido não é de estranhar pois este é um hidrocolóide barato. Por outro lado, há hidrocolóides mais dispendiosos que são utilizados devido às suas propriedades únicas, como a xantana (Li & Nie, 2016).

Os hidrocolóides são um grupo diverso de polímeros, propensos a absorver água e a inchar, aumentando a viscosidade. A presença de muitos grupos hidroxilo (OH^-), capazes de ligar com a água através de pontes de hidrogénio, aumenta a solubilidade dos hidrocolóides. Além disso, os hidrocolóides produzem uma dispersão e exibem propriedades de um colóide. As propriedades de colóide e a sua solubilidade em água originaram o nome de hidrocolóide. Estes normalmente classificam-se de acordo com a sua origem. Neste estudo, utilizou-se hidrocolóide de origem animal (gelatina), de origem vegetal (amido de arroz, k-carragenato) e de origem microbiana (xantana) (Li & Nie, 2016).

As vastas aplicações de hidrocolóides estão limitadas à sua capacidade de espessamento, ou seja, à sua capacidade de aumento de viscosidade. O espessamento ocorre acima de uma concentração crítica, abaixo dessa concentração a dispersão hidrocolóide comporta-se como um fluido Newtoniano² e acima esta comporta-se como um fluido não-Newtoniano³ (Li & Nie, 2016).

Gelatina

A gelatina (Figura 5) é uma proteína obtida a partir da hidrólise do colagénio da pele e dos ossos, ou espinhas, de animais. É um polipéptido que varia consoante a sua origem e método de produção mas que é constituído, maioritariamente, por glicina, presente a cada três aminoácidos, prolina, hidroxiprolina, hidroxilisina e ácido glutâmico/glutamina (Chopra & Panesar, 2010; Stevens, 2010).

² Fluido Newtoniano - é um fluido em que a tensão aplicada (τ) é diretamente proporcional à taxa de deformação ($\dot{\gamma}$) (ex.: água, óleo, leite) (Velez-Ruiz, 2002).

³ Fluido Não-Newtoniano – é um fluido que não exibe uma relação linear entre a tensão aplicada e a taxa de deformação (ex.: géis) (Velez-Ruiz, 2002).

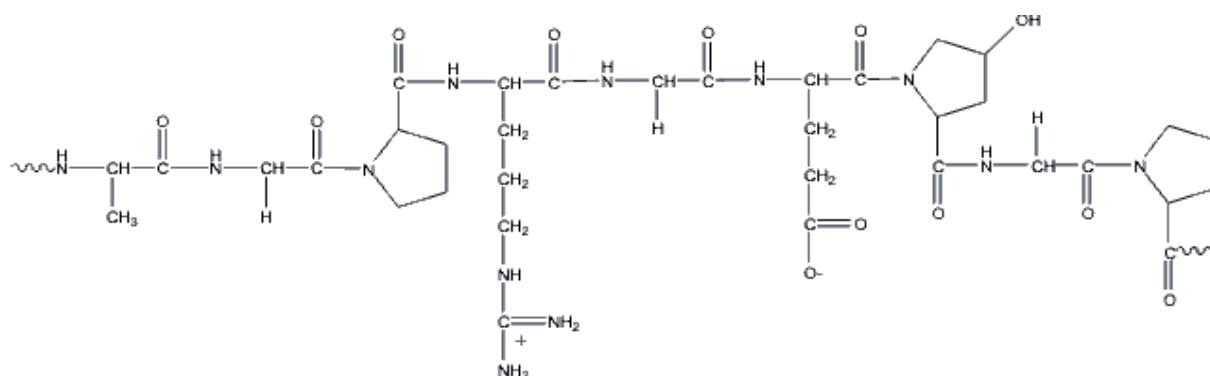


Figura 5 – Estrutura química da gelatina.
Fonte: Chaplin (2016).

Este hidrocolóide possui conformação de tripla hélice, mas, quando aquecida acima do ponto de fusão, passa a um estado desorganizado, perdendo a conformação de tripla hélice. À medida que a solução de gelatina vai arrefecendo esta vai-se organizando novamente até à formação das estruturas de tripla hélice. Esta formação ocorre através da nucleação das regiões helicoidais que estabelecem ligações intermoleculares através de pontes de hidrogénio, permitindo estabilizar as zonas de junção e formar uma rede tridimensional, originando um gel (Canhadas, 2003). A formação de ligações de hidrogénio envolve os grupos amina (NH_2) da glicina e os grupos carboxilo (COOH) dos outros aminoácidos. Estudos realizados por Bella (1998) mostraram que a hidroxiprolina também participa nestas ligações.

Devido à sua estrutura e à presença de cargas iónicas ao longo da cadeia, a gelatina possui uma boa solubilidade tanto em água fria como quente, porém para atingir uma solubilização total num curto espaço de tempo esta tem de ser dissolvida em água a 90-95°C. Os géis de gelatina são transparentes, elásticos, termorreversíveis e têm um ponto de fusão de 37°C, como tal, são facilmente dissolvidos na boca proporcionando uma agradável sensação (Chopra & Panesar, 2010). A firmeza do gel depende essencialmente da concentração de gelatina, do pH, da temperatura e da carga iónica. Quanto menor a carga iónica, maior a viscosidade e firmeza (Stevens, 2010).

Reologicamente, as soluções de gelatina comportam-se como fluídos Newtonianos acima dos 40°C e como não-Newtonianos abaixo desse valor, assumindo um comportamento reofluidificante (Stevens, 2010).

A gelatina não é considerada aditivo alimentar e, portanto, não tem limite definido nem dose diária recomendada.

Carragenato (E 407)

O carragenato, ou carragenina, é um polissacárido sulfatado, aniónico e linear, extraído de algas marinhas vermelhas (*Rhodophyceae*). Este polissacárido é formado por unidades repetidas de galactose e de 3,6-anidrogactose, unidas através de ligações glicosídicas α -1,3 e β -1,4 alternadas (Raman & Doble, 2015; Saunders & Hommersand, 2004; Ako, 2015; Prajapati *et al.*, 2014; Nguyen *et al.*, 2014; Czarnowicki *et al.*, 2015).

Há vários tipos de carragenato e estes distinguem-se pela sua concentração de 3,6-anidrogactose e pela posição e número de grupos sulfatados. O carragenato utilizado neste trabalho foi o k-carragenato, representado na Figura 6, e este é formado por unidades de galactose sulfatadas na posição 4 e por unidades de 3,6-anidrogactose. Tem propriedades de colóide hidrofílico, sendo solúvel em água quente, e serve de material de matriz, tendo uma função estrutural semelhante à da celulose nas plantas (Chopra & Panesar, 2010; Prajapati *et al.*, 2014; Raman & Doble, 2015).

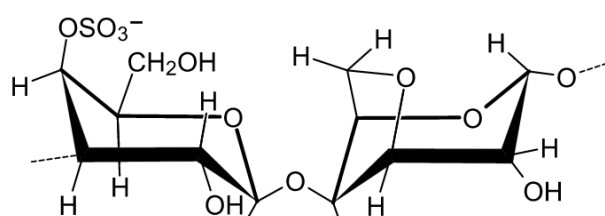


Figura 6- Estrutura química do k-carragenato.
Fonte: Prajapati *et al.* (2014).

O k-carragenato tem apenas uma carga negativa por dissacárido, tendendo a formar géis firmes e quebradiços com a ajuda de iões de potássio (K^+). A sua gelificação envolve a formação de duplas hélices durante o arrefecimento da solução abaixo da temperatura de gelificação (30-70°C, dependendo dos constituintes da solução) e, através dos iões de potássio, as zonas de junção entre as hélices são estabilizadas, como esquematizado na Figura 7 (Chopra & Panesar, 2010; Stevens, 2010).

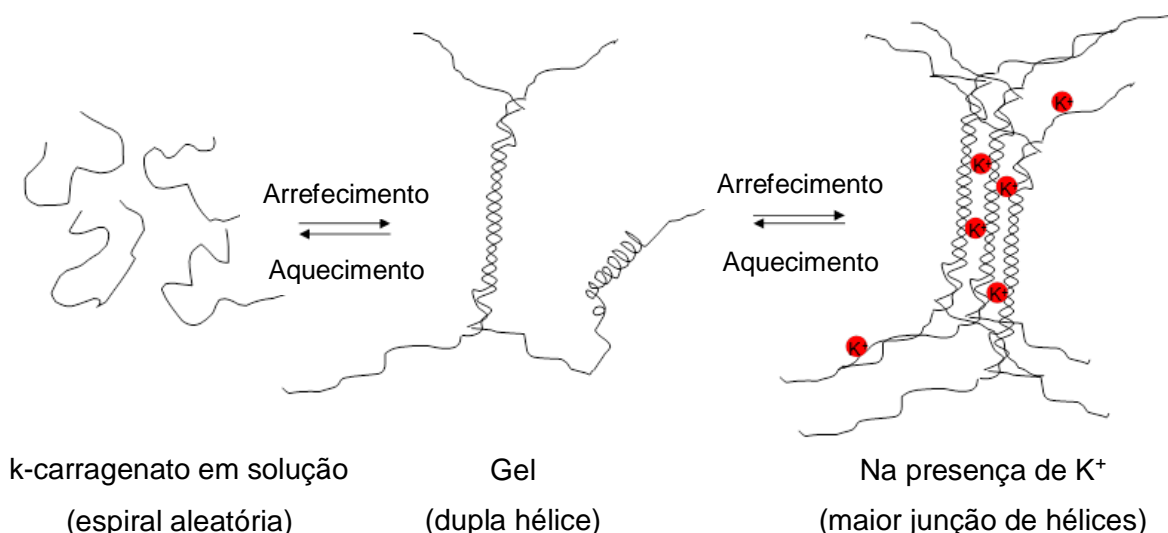


Figura 7 – Formação de géis de k-carragenato na presença de iões potássio.
Fonte: Gulrez *et al.* (2011).

Os géis realizados com k-carragenato apesar de formarem géis termorreversíveis e firmes, são quebradiços e têm uma sinerese elevada, comparativamente com outros carragenatos. Sendo os carragenatos polímeros lineares, hidrofílicos e aniónicos, as suas soluções aquosas aumentam de viscosidade exponencialmente com a sua concentração e, geralmente, o módulo elástico das soluções de k-carragenato aumenta com a concentração de K^+ , bem como a sua firmeza (Chopra & Panesar, 2010; Ako, 2015; Stevens, 2010).

O k-carragenato reage com proteínas através de interações eletroestáticas entre os grupos aniônicos do mesmo e os grupos catiónicos das proteínas, formando diversas redes complexas.

No regulamento (UE) n.º 1129/2011 publicado a 11 de novembro estão descritos os limites para a utilização do carragenato na UE, podendo ser utilizado *quantum satis* na maioria dos produtos. Atualmente não há uma dose diária definida nem há evidências de efeitos adversos pelo consumo de k-carragenato, contudo foi proibida a sua utilização em fórmulas para bebés na UE.

Xantana (E 415)

A xantana, representada na Figura 8, é um polissacárido de elevada massa molecular, aniônico, proveniente do microrganismo *Xanthomonas campestris*. É predominantemente composto por glucose e manose, mas também tem ácido glucorónico e pirúvico (Chopra & Panesar, 2010; Regulamento (UE) n.º 231, 2012). Tem uma espinha dorsal semelhante à da celulose, composta por glucoses unidas através de ligações β -1,4 e, alternadamente, ligada a um trissacárido, através de uma ligação α -1,3. Esse trissacárido é constituído por uma unidade de manose unida através de uma ligação β -1,2 a uma unidade de ácido glucorónico que, por sua vez, está ligado a outra unidade de manose, por uma ligação β -1,4 (Chopra & Panesar, 2010; Moorhouse *et al.*, 1977).

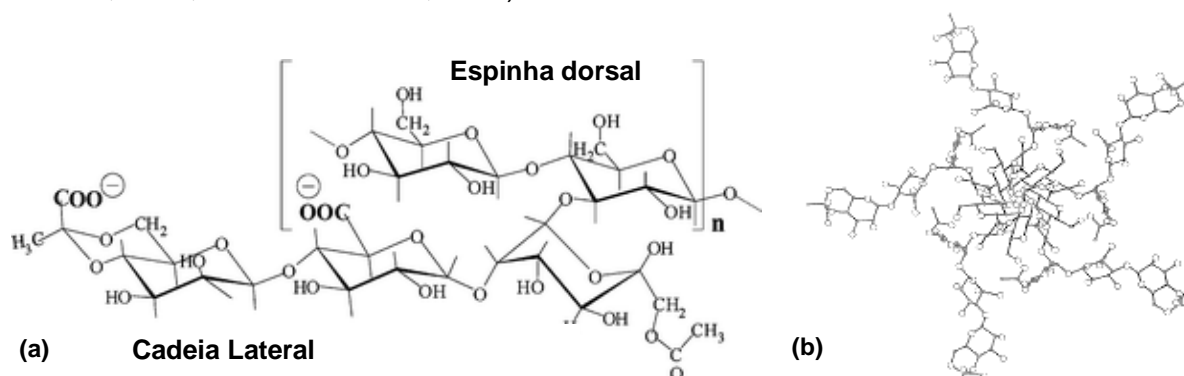


Figura 8 – Estrutura química da xantana com as cadeias laterais alinhadas com a espinha dorsal (a) e numa rede tridimensional (b).

Fonte: Chopra & Panesar (2010) (a); Shchipunov *et al.* (2010) (b).

A xantana assume estrutura de hélice e, como é visível na Figura 8a, as cadeias laterais de trissacáridos permanecem alinhadas com a espinha dorsal da xantana, estabilizando a sua estrutura. Em solução, estas cadeias laterais envolvem-se em torno da espinha dorsal e a sua conformação altera-se, assumindo a forma de uma hélice com múltiplas cadeias laterais que, através de associações intramoleculares, formam uma rede tridimensional de polímeros emaranhados e rígidos, como representado na Figura 8b (Chopra & Panesar, 2010; Stevens, 2010).

Devido à rigidez estrutural e à proteção da espinha dorsal da xantana, esta tem várias propriedades funcionais invulgaes, como boa tolerância em soluções fortemente ácidas ou

básicas, viscosidade estável ao longo de um amplo intervalo de temperatura, e resistência à degradação enzimática (Chopra & Panesar, 2010).

Quando a solução aumenta de temperatura a conformação da xantana altera-se, passando de um estado rígido e ordenado para um estado mais flexível e desorganizado. A temperatura em que ocorre esta alteração depende sobretudo da força iônica e da concentração de ácido pirúvico e acético. À medida que a solução vai arrefecendo a conformação da xantana vai-se organizando novamente e recuperando a viscosidade perdida durante o aquecimento (Chopra & Panesar, 2010).

A xantana é solúvel em água, aumenta a viscosidade das soluções e pode formar géis, contudo as ligações intramoleculares são fracas e facilmente quebráveis, portanto os géis de xantana são fracos. A sua interação com o amido é benéfica, pois não afeta significativamente a sua gelatinização, mas consegue restringir a sua retrogradação e, como tal, dá estabilidade à solução e diminui a sinérese (Norton *et al.*, 2010).

Reologicamente, as soluções de xantana têm comportamento Newtoniano e não-Newtoniano, consoante a taxa de deformação. A taxas de deformação baixas, o desemaranhamento dos polímeros ocorre mais lentamente que a formação de novos emaranhamento e, como tal, a sua viscosidade permanece constante (comportamento Newtoniano). Com o aumento da deformação, as fracas ligações intramoleculares são quebradas, resultando na diminuição da viscosidade (comportamento não-Newtoniano reofluidificante). Quando a deformação já atingiu taxas elevadas, deixa de haver ligações para quebrar (comportamento Newtoniano). Altas viscosidades a taxas de deformação baixas, conferem às soluções de xantana estabilidade, enquanto o comportamento reofluidificante proporciona uma boa sensação na boca (Stevens, 2010).

No regulamento (UE) n.º 1129/2011 publicado a 11 de novembro estão descritos os limites para a utilização da xantana na UE, podendo ser utilizada *quantum satis* na maioria dos produtos. Atualmente não há uma dose diária definida nem há evidências de efeitos adversos pelo consumo de xantana e esta pode ser utilizada em fórmulas para bebés mas com limites máximos de 10 000 mg/kg.

1.5 Caraterização das sobremesas

A avaliação sensorial de alimentos é uma metodologia cara e que, por vezes, não tem qualquer correlação com alguns parâmetros. Como tal, têm sido desenvolvidos novos métodos e equipamentos que permitem fazer a avaliação instrumental da textura, cor e outros parâmetros, sem recorrer a painéis sensoriais. Estas avaliações são muito úteis durante o desenvolvimento de novos produtos, na medida que permite uma avaliação mais objetiva e rápida dos produtos (Botelho, 2012).

A perceção dos alimentos tem sido descrita como um processo cíclico que começa com uma avaliação visual seguida de uma tátil. Visualmente consegue-se obter informações

acerca do estado de conservação do alimento, da sua textura e até do seu sabor, relacionando o alimento com experiências anteriores (Botelho, 2012). A percepção na boca tem diferentes fases, consoante as taxas de deformação do alimento, nas quais vai-se obtendo informações sensoriais acerca do alimento, como a dureza/firmeza, a adesividade, a homogeneidade ou o tamanho de partículas. Todas estas características são determinantes para a aceitabilidade por parte do consumidor, contudo as mais importantes são a sinerese, a firmeza e a adesividade (Sherman, 1969).

1.5.1 Avaliação das propriedades de textura

A textura é definida pela norma ISO 5492:2008 (International Standards Organization) como “todos os atributos reológicos e estruturais de um produto, que é perceptível por meios mecânicos, táteis, e se apropriado visual e auditivo”.

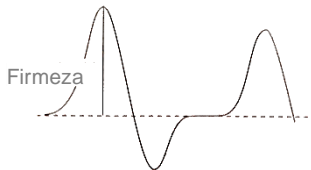
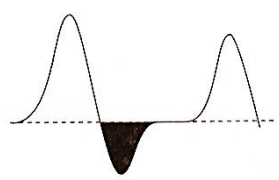
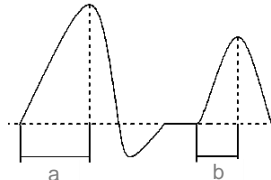
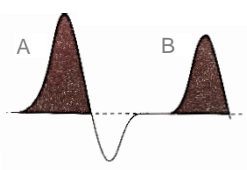
A textura é um dos parâmetros decisivos para a aceitação de um produto, todavia outros fatores também influenciam a aceitação do consumidor como a aparência, o sabor, as características nutricionais, a conveniência do produto e o custo. (Bourne, 1982).

A avaliação instrumental da textura pode ser realizada utilizando três tipos de testes: empíricos, que medem algo físico em condições bem definidas; imitativos, que simulam as condições a que o material é sujeito durante a ingestão; e fundamentais, que medem propriedades reológicas bem definidas (Rosenthal, 1999).

Para a análise de textura utiliza-se o texturómetro. Este é composto por um dinamómetro que transfere a energia mecânica para o material a uma velocidade constante ao longo do tempo ou distância, obtendo-se um gráfico força *versus* tempo ou força *versus* distância, onde é registada a variação de textura. Podem ser realizados vários testes, como o de compressão ou de penetração, e para diferentes testes/materiais, as condições podem ser alteradas, como o tipo de sonda ou a sua velocidade (Rosenthal, 1999).

Um dos testes mais utilizados nos géis, por dar mais informação acerca do mesmo, é o teste de análise de perfil de textura (TPA). Este teste realiza duas penetrações ou compressões no material, dependendo da sonda utilizada, com uma pausa entre elas para a recuperação do material, simulando assim a ação de duas dentadas na amostra (*two bites*). Este teste é utilizado para avaliar diferenças de textura sem recorrer à análise sensorial (Rosenthal, 1999). O texturograma obtido permite calcular vários parâmetros como a firmeza, a elasticidade, a adesividade e a coesividade. Estes parâmetros encontram-se resumidos na Tabela 4 (Rosenthal, 1999; Bourne, 2002).

Tabela 4 – Definições de parâmetros de textura.
Adaptado de: Rosenthal (1999).

Parâmetro	Definição Sensorial	Definição Instrumental
Firmeza	Força necessária para comprimir o gel entre a língua e o palato.	Força máxima registada no 1º ciclo de penetração (N). 
Adesividade	Força necessária para remover o gel aderente à boca durante o processo de mastigação.	Trabalho necessário para ultrapassar as forças de atração entre o material e a sonda (-N.s) 
Elasticidade	Grau de recuperação do gel após deformação.	Razão entre duas deformações (b/a) (adimensional) 
Coesividade	Grau de força das ligações internas do gel.	Razão entre o trabalho realizado no 2º e no 1º ciclo (B/A) (adimensional) 

1.5.2 Avaliação do comportamento reológico

Reologia é a ciência que permite estudar o escoamento e a deformação dos materiais. Esta ciência permite caracterizar e compreender o comportamento dos materiais de acordo com a sua resposta à tensão aplicada (Rosenthal, 1999; Velez-Ruiz, 2002).

Existem dois tipos de materiais fundamentais na reologia, os líquidos e os sólidos, nos quais a propriedade de interesse é a viscosidade e a elasticidade, respetivamente. Materiais viscosos e materiais elásticos exibem taxas de deformação proporcionais à tensão aplicada, porém os viscosos não recuperam da deformação enquanto os elásticos recuperam totalmente. No entanto, existem materiais que têm comportamentos elásticos e viscosos, sendo estes denominados de viscoelásticos, como é o caso dos géis. Na Figura 9 é apresentado um gráfico representativo da aplicação de uma tensão constante, a diferentes tipos de materiais, onde acompanha-se a variação da sua deformação ao longo do tempo.

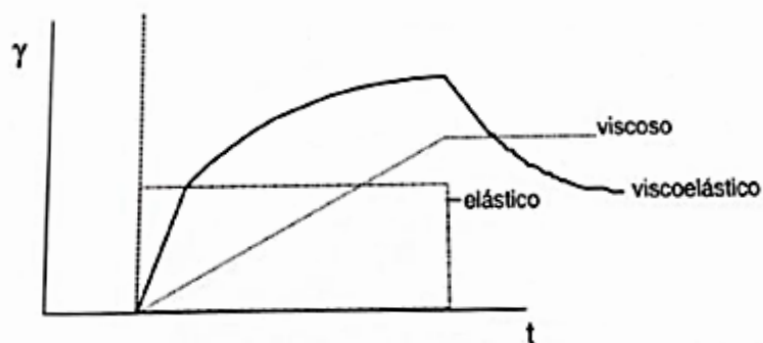


Figura 9 – Variação da deformação ao longo do tempo quando aplicada uma tensão constante. γ –deformação; t –tempo.
 Fonte: Sousa (2001).

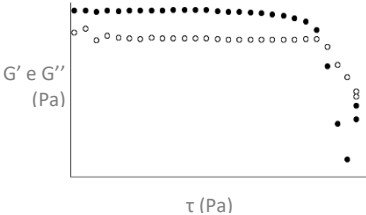
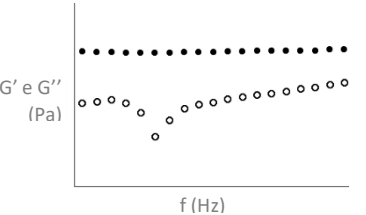
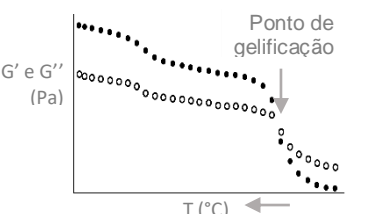
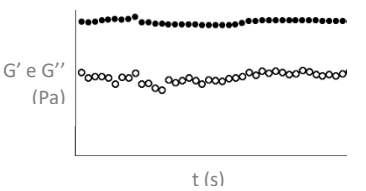
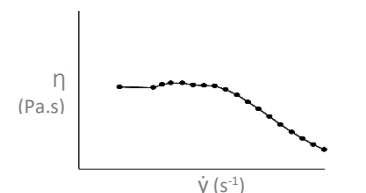
Os materiais viscoelásticos normalmente têm duas zonas de acordo com a deformação, a zona de viscoelasticidade linear (a taxas de deformação baixas) e a zona de viscoelasticidade não linear. Por norma, estuda-se a zona de viscoelasticidade linear, pois a partir desta a estrutura interna do material é alterada.

A avaliação de um comportamento viscoelástico linear é efetuada a partir de ensaios reológicos em regime oscilatório e em reómetros de tensão controlada, usando geometrias de pratos paralelos, cilindros concêntricos ou cone e prato, de acordo com o material. Geralmente, o comportamento reológico dos produtos viscoelásticos é representado por um módulo complexo (G^* em Pa) representado na Equação n.º 1, onde G' (módulo elástico) corresponde à energia armazenada do material e G'' (módulo viscoso) que corresponde à energia que dissipada (Barnes, 2000).

$$G^* = G' + G'' \quad (\text{Equação n.º1})$$

Para a avaliação do comportamento reológico de géis são utilizados vários testes como: varrimento de tensão, varrimento de frequência, varrimento de temperatura, varrimento de tempo (ou testes de maturação) e curvas de viscosidade, sintetizados na Tabela 5 (Lopes da Silva & Rao, 1999).

Tabela 5 – Testes reológicos para a avaliação do comportamento de géis.

Testes	Descrição	Informação Retirada
Varrimento de Tensão 	Determina o intervalo de viscoelasticidade linear (G' e G'' constantes), mantendo o valor de frequência de oscilação fixo, a temperatura controlada e variando a tensão.	Permite determinar o valor da tensão crítica, a partir da qual ocorre rutura da estrutura interna do material.
Varrimento de Frequência (Espectro mecânico) 	Variação da frequência de oscilação em função da tensão aplicada, determinada no varrimento de tensão.	Com os valores de G' e G'' pode-se classificar o gel como sendo forte ($G' > 10G''$) ou fraco (G' e G'' semelhantes).
Varrimento de Temperatura 	Variação da temperatura (arrefecimento) com tensão e frequência constante para obtenção dos valores de G' e G'' .	Avaliação da estruturação do gel durante o arrefecimento da solução. Determinação do ponto de gelificação, a partir do qual $G' > G''$.
Varrimento de Tempo (Maturação) 	Estudo dos valores de G' e G'' ao longo do tempo, com tensão, frequência e temperatura constante.	Estudo das alterações na estrutura do gel durante a maturação.
Curva de Viscosidade 	Variação da taxa de deformação em função da viscosidade aparente com frequência e temperatura constante.	Estudo das alterações na estrutura do gel consoante a taxa de deformação.

1.5.3 Avaliação instrumental da cor

A cor de um alimento é a primeira característica observada pelo consumidor e é um dos fatores decisivos para a sua escolha (Calvo & Salvador, 2000).

Os consumidores avaliam a cor através da sua luminosidade (percepção que permite distinguir a mesma tonalidade com base na quantidade de luz emitida) e da sua tonalidade

(percepção que permite distinguir cores diferentes, como o vermelho do amarelo ou o verde do azul).

A cor pode ser medida instrumentalmente através de diversos equipamentos, como o colorímetro e o espectrofotômetro, e traduzida em diversos modelos de cor. Entre os mais utilizados está o espaço de cor $L^*a^*b^*$ (Figura 10), também conhecido como CIELAB, por correlacionar consistentemente os valores de cor com a percepção visual. Este sistema indica:

- Luminosidade (L^*): varia entre 0 (preto) e 100 (branco);
- Coordenada vermelho/verde (a^*): varia entre -60 (verde) e +60 (vermelho);
- Coordenada amarelo/azul (b^*): varia entre -60 (azul) e +60 (amarelo).

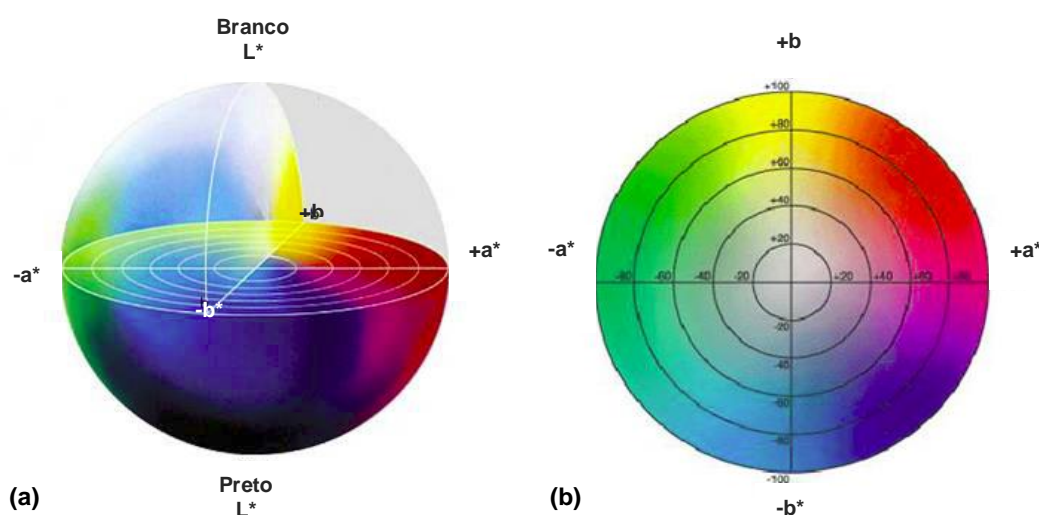


Figura 10 - Sistema de cor $L^*a^*b^*$ no espaço (a) e a duas dimensões com luminosidade fixa (b).
Fonte: Sony (2016).

Para além dos valores dados, pode-se ainda calcular outros parâmetros como a diferença total de cor (ΔE^*), que relaciona as diferenças dos 3 parâmetros descritos acima através da Equação n.º 2 (Calvo & Salvador, 2000; Castellar *et al.*, 2006).

$$\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (\text{Equação n.º 2})$$

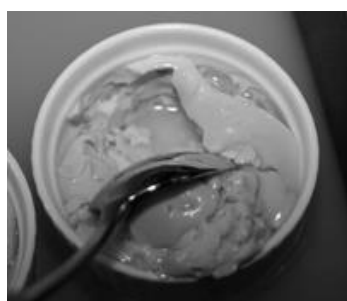


Figura 11 - Exemplo de sinerese numa sobremesa gelificada.
Fonte: Tashian (2009).

1.5.4 Sinerese

Os géis ao contraírem-se provocam a expulsão de solvente, dando-se a este processo o nome de sinerese. A sinerese (Figura 11) deve-se à instabilidade intrínseca dos géis mas também pode ser devido a outros fatores como forças externas ou flutuações de temperatura (Mao *et al.*, 2001).

O amido é o polissacárido mais utilizado na indústria alimentar e os seus géis expulsam grandes quantidades de solvente se forem armazenados por longos períodos de tempo (Mao *et al.*, 2001). A sinerese provoca alterações de textura e de qualidade, sendo um dos critérios mais

importantes na avaliação dos géis alimentares por parte dos consumidores. Segundo Oliveira *et al.* (2009), existem diversos métodos de quantificação da sinerese, sendo os mais utilizados:

- Centrifugação da amostra para quantificação do solvente após a sua separação;
- Pipetação do solvente presente na superfície da amostra;
- Absorção do solvente presente na superfície da amostra, utilizando papel ou filtro.

Destes métodos, os mais práticos e não destrutivos são o de absorção e o de pipetação. No entanto, o método de pipetação dá um valor de sinerese inferior ao real, enquanto o de centrifugação e o de absorção dão valores superiores aos reais (Ako, 2015). Portanto, nenhum destes métodos permite obter o valor real de sinerese, mas se for utilizado sempre o mesmo método com as mesmas condições, os valores podem ser comparáveis.

Para a quantificação da sinerese é importante ter diferentes amostras para diferentes dias testados, pois o gel e o solvente atingem um estado de equilíbrio dinâmico. Porém, se o solvente for removido, este estado altera-se e o gel volta a libertar solvente até atingir o equilíbrio novamente (Ako, 2015).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Todos os ingredientes utilizados foram cuidadosamente selecionados de acordo com a sua isenção de glúten. O ananás desidratado foi gentilmente cedido pela Nuvi Fruits e a farinha de trinca de arroz carolino pela Novarroz – Produtos Alimentares. Os restantes ingredientes foram adquiridos às respetivas empresas – hidrocolóides à Sosa: goma xantana, k-carragenato e gelatina; edulcorantes à Sosa: xilitol e glicosídeos de esteviol; sacarose ao Modelo Continente Hipermercados. Foram também adquiridas referências comerciais em diferentes estabelecimentos, de forma a poder comparar os vários parâmetros destas com as que foram desenvolvidas.

Para a incorporação do ananás no gel procedeu-se à redução do seu tamanho de partícula utilizando um moinho de café (Moulinex, França). Posteriormente os fragmentos foram peneirados utilizando crivos de malha metálica perfurada e um agitador de peneiros eletromagnético FTL-0200 (Filtru, Espanha). Selecionou-se o ananás com granulometria entre 1-2 mm uma vez que se pretende que os pedaços de fruta sejam visíveis no produto final.

2.2 Métodos

2.2.1 **Determinação do índice de absorção de água (IAA) e de solubilidade (IS)**

Para a determinação do índice de absorção de água (IAA) e de solubilidade (IS) da farinha de arroz seguiu-se o método descrito por Navarro-Cortez *et al.* (2016), mas com algumas alterações.

Num tubo de centrífuga, previamente determinada a sua massa, colocou-se 1 g de farinha e excesso de água (≈ 12 g). Os tubos foram colocados num banho termostaticado durante 30 min em banho-maria (Köttermann, Alemanha), com agitação de 600 rpm (10 Hz) e com temperatura constante (20, 50, 70 e 90°C). Posteriormente, realizou-se a sua centrifugação numa centrífuga Z383 K (Hermle, Alemanha) a 10 000 g durante 10 min. Finda a centrifugação, colocou-se o sobrenadante numa placa de Petri, de massa previamente determinada, que de seguida foi colocada em estufa a 105°C durante 3 h, de modo a quantificar a massa de resíduo. Após a remoção do sobrenadante foi determinada a massa final do tubo, permitindo calcular, através da diferença entre a massa inicial e a final do mesmo, a massa do sedimento.

O IAA foi determinado através da Equação n.º 3, na qual divide-se a massa do sedimento (m_{sed}) pela diferença entre a massa da amostra (m_{amost}) e a massa do resíduo (m_{res}). Os resultados são expressos em g de água retida por grama de amostra.

$$IAA = \frac{m_{sed}}{m_{amost} - m_{res}} \quad (\text{Equação n.º 3})$$

Para o cálculo do IS utiliza-se a Equação n.º 4, na qual multiplica-se por 100 o resultado do quociente entre a massa do resíduo e a massa da amostra inicial. Os resultados são expressos em g de amostra por 100 g de água.

$$IS = \frac{m_{\text{res}}}{m_{\text{amost}}} \times 100 \quad (\text{Equação n.º 4})$$

2.2.2 Preparação dos géis de arroz

Para o desenvolvimento dos géis foram realizados diversos ensaios através das metodologias do diagrama da Figura 12. As condições para estes ensaios foram otimizadas em ensaios anteriores, realizados por Torres *et al.* (2014).

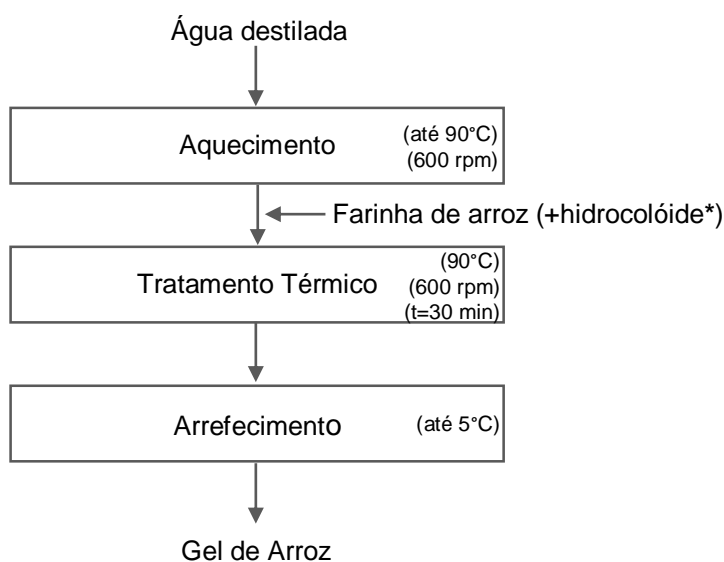


Figura 12 - Diagrama de processos para a obtenção de géis de arroz.

**apenas no estudo dos sistemas modelo.*

Realizaram-se ensaios com vista à determinação da concentração mínima de farinha de arroz para que ocorresse gelificação, utilizando água destilada e farinha de arroz carolino. Este método foi também aplicado para o estudo dos sistemas modelo, nos quais, para além da água e da farinha, foi também adicionado hidrocolóides.

Primeiramente, mediram-se as massas de farinha, de água e, no caso dos sistemas modelo, de hidrocolóide. A água destilada foi colocada num recipiente de vidro em banho-maria, utilizando uma placa térmica (VELP, Itália) e o respetivo termorregulador VTF Fuzzy Logic (VELP, Itália), até atingir a temperatura de $90 \pm 2^\circ\text{C}$, com agitação mecânica através de um agitador digital acoplado com um agitador centrífugo (IKA, Alemanha), a 600 rpm (10 Hz). O recipiente esteve coberto durante todo o processo de modo a evitar ao máximo trocas gasosas, exceto quando foram adicionados os restantes ingredientes.

Atingidos os 90°C , adicionou-se a farinha de arroz e, no caso dos sistemas modelo, o hidrocolóide à água, ficando durante 30 min à mesma temperatura e com agitação mecânica.

De seguida, o gel foi colocado em frascos cilíndricos de vidro (4 cm de diâmetro x 5 cm de altura) e à temperatura de 5°C no frigorífico, para promover a gelificação. Consoante o tempo pretendido, os géis ficaram a maturar 24 ou 192 h (1 e 8 dias, respetivamente).

2.2.3 Preparação das sobremesas gelificadas

Para a formulação das sobremesas gelificadas foi utilizada água destilada, farinha de arroz carolino, ananás desidratado e edulcorantes. O processo de elaboração das sobremesas, representado na Figura 13, é idêntico ao utilizado nos ensaios dos géis de arroz mas com adição de edulcorantes à solução inicial e adição da fruta aos 60°C, após o tratamento térmico, com agitação mecânica durante 10 min.

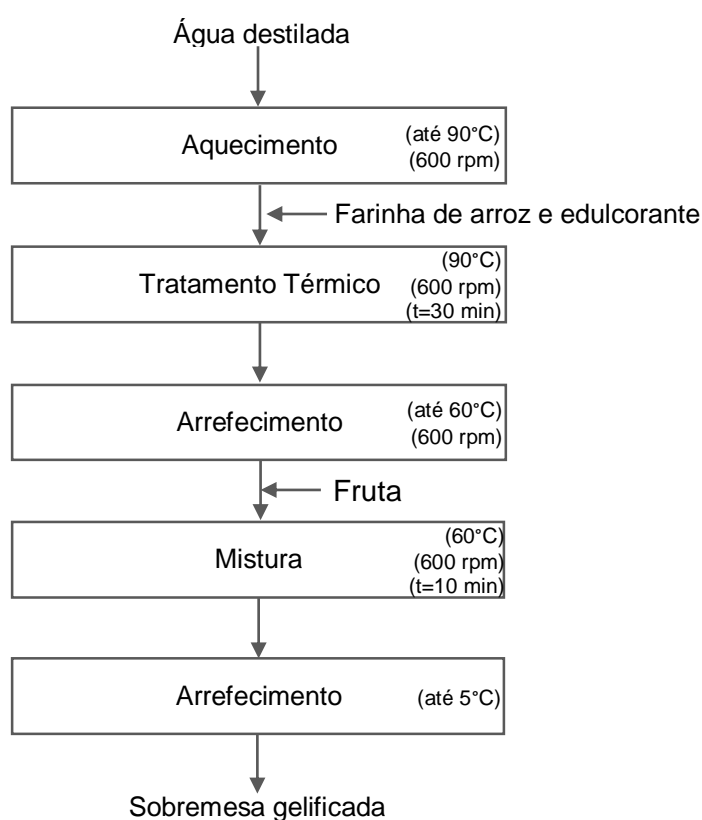


Figura 13 - Diagrama de processos para a obtenção de sobremesas gelificadas.

Procedeu-se à realização de ensaios nos quais variou-se as concentrações de farinha (8, 12 e 15% (m/m)), acima do limite para a gelificação (>7%), mantendo o açúcar e a fruta constantes (4 e 5% (m/m), respetivamente). Escolhida a concentração de arroz, fez-se variar as concentrações de sacarose e, com esta escolhida, substituiu-se por outros edulcorantes (glicosídeos de esteviol e xilitol), de modo a obter o mesmo poder edulcorante.

2.2.4 Comportamento reológico dos géis

Os testes reológicos foram realizados utilizando um reómetro de tensão controlada (MARS III Haake, Alemanha). Utilizou-se um sistema sensor de pratos paralelos serrados, com 35 mm de diâmetro e um intervalo entre pratos de 1 mm (*gap*). Em todos os testes, expeto os de varrimento de temperatura, a temperatura foi de $5 \pm 0,1$ °C (controlada no prato do reómetro através de um sistema UTC-Peltier). As amostras colocadas no reómetro foram cobertas com parafina líquida, de modo a evitar a evaporação de água durante as medições.

Varrimento de tensão:

Todas as referências comerciais estudadas, foram sujeitas a um varrimento de tensão para determinar a zona de viscoelasticidade linear. Este teste foi realizado a uma frequência de 0,1 Hz, e fizeram-se varrimentos de tensão entre 0,1 e 10 000 Pa. A temperatura foi mantida nos $5^{\circ}\text{C} \pm 0,1^{\circ}\text{C}$.

Varrimento de frequência:

Todas as sobremesas foram sujeitas a um varrimento de frequência, de forma a obter os respetivos espetros mecânicos. Estes testes foram realizados com uma tensão constante, dentro da zona de viscoelasticidade linear, e variou-se a frequência de 0,001 Hz-100 Hz. A temperatura foi mantida nos $5^{\circ}\text{C} \pm 0,1^{\circ}\text{C}$.

Varrimento de temperatura:

Todas as sobremesas obtidas em laboratório foram sujeitas a este teste. Estas foram colocadas no reómetro, imediatamente após a sua obtenção (90°C), e foram arrefecidas até $5^{\circ}\text{C} \pm 0,1^{\circ}\text{C}$, a uma taxa de $2^{\circ}\text{C}/\text{min}$, utiliza-se uma tensão contida na zona viscoelástica linear (previamente determinada para cada formulação).

Varrimento de tempo (maturação):

Após o varrimento de temperatura seguiu-se um teste de maturação, no qual manteve-se a frequência de 1 Hz e a temperatura de $5^{\circ}\text{C} \pm 0,1^{\circ}\text{C}$, utiliza-se uma tensão contida na zona viscoelástica linear (previamente determinada para cada formulação).

Curva de viscosidade:

As curvas de viscosidade foram obtidas através da variação da taxa de deformação entre $5 \times 10^{-8} \text{ s}^{-1}$ e $1 \times 10^3 \text{ s}^{-1}$, tendo sido mantida constante a temperatura de $5^{\circ}\text{C} \pm 0,1^{\circ}\text{C}$. Este teste foi aplicado às referências comerciais e aos géis em que foi adicionada goma xantana.

2.2.5 Determinação da sinerése

A sinerése dos géis e das sobremesas desenvolvidos foi realizada segundo o método descrito por Ako (2015). A determinação foi realizada à temperatura ambiente, através da medição da quantidade de líquido libertado utilizando uma balança analítica de precisão $\pm 0,1$ mg (ABJ 220-4NM KERN, Alemanha).

A sinerése (S), em percentagem, foi calculada através da Equação n.º 5, na qual divide-se a massa de líquido retirado da amostra (W_a) pela massa inicial do gel do produto desenvolvido (W_g). O líquido foi retirado da amostra com o auxílio de papel absorvente. Para cada formulação foram realizadas 5 medições.

$$S_{\%} = \frac{W_a}{W_g} \times 100 \quad (\text{Equação n.º 5})$$

2.2.6 Avaliação da textura dos géis

A análise da textura das amostras foi realizada em frascos de 4 cm de diâmetro e 5 cm de altura, em ambiente de temperatura controlada a $20 \pm 1^\circ\text{C}$ e com utilização de um texturómetro TA.XT.plus (Stable Micro Systems, Reino Unido) equipado com uma célula de carga de 5 kg. Para a avaliação da textura dos diversos géis e sobremesas, procedeu-se a testes de perfil de textura em modo de penetração (TPA). Estes testes simulam duas dentadas no alimento com um intervalo de 5 segundos entre elas, para recuperação do material, a uma taxa de deformação constante. Nos ensaios realizados foi utilizada uma sonda cilíndrica de acrílico com 10 mm de diâmetro e, exceto nas referências comerciais, estes ensaios foram realizados ao longo do tempo, ao primeiro e ao oitavo dia.

Efetuar-se 5 penetrações de 5 mm, com uma velocidade de 1 mm.s^{-1} , em cada amostra e foram obtidos texturogramas de força *versus* tempo (Anexo I), a partir dos quais determinaram-se os seguintes parâmetros: firmeza (N), coesividade, elasticidade e adesividade (-N.s).

2.2.7 Análise instrumental da cor dos géis

A análise instrumental da cor dos géis foi realizada com um colorímetro CR-400 (Konica Minolta, Japão), sendo expressa em coordenadas do sistema CIELAB (L^* , a^* , b^*).

As medições foram realizadas numa sala com luz artificial constante e à temperatura ambiente ($20 \pm 1^\circ\text{C}$). As amostras utilizadas foram as mesmas utilizadas para a determinação da sinerese e da textura, tendo sido colocadas em placas de Petri. O colorímetro foi previamente calibrado utilizando um padrão branco ($L^*=96,96$; $a^*=0,37$; $b^*=2,10$). Para cada formulação desenvolvida foram realizadas 5 medições, calculando-se a respetiva média e desvio padrão. Posteriormente, calculou-se a diferença total de cor (ΔE), utilizando a Equação n.º 2.

2.2.8 Análise estatística

A análise estatística dos resultados foi realizada no suplemento estatístico Action do Microsoft® Office Excel 2013, utilizando a Análise de Variância (ANOVA) e o teste de Tukey para comparação das médias. Os resultados das análises foram calculados com um nível de significância de 5% e considerou-se significativa a diferença entre grupos sempre que $p < 0,05$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados e discutidos têm por base os métodos anteriormente descritos. Estes resultados foram obtidos a partir das diferentes fases do trabalho que estão esquematizadas na Figura 14.

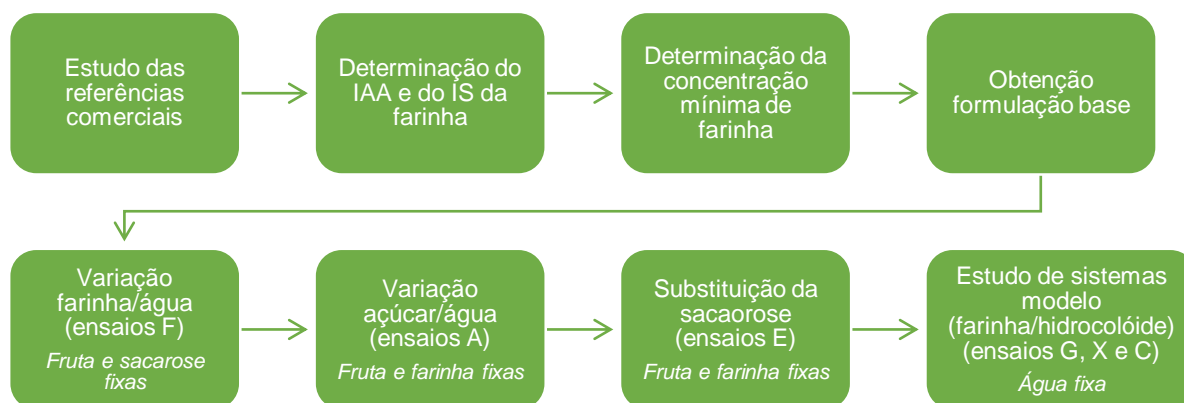


Figura 14 - Diagrama das diferentes fases de trabalho para a obtenção de sobremesas gelificadas.

Primeiramente, selecionaram-se diferentes tipos de referências comerciais existentes no mercado, as quais foram selecionadas em termos de alguns parâmetros que se pretendia mimetizar nas sobremesas gelificadas a desenvolver. Posteriormente, determinou-se o IAA e o IS da farinha de arroz, de forma a obter a melhor temperatura para a realização do gel. Determinada a temperatura, procedeu-se à determinação da concentração mínima de farinha necessária para a obtenção de um gel, seguida da formulação base da sobremesa. Na segunda etapa, já obtida a formulação base, variaram-se os componentes da sobremesa, em diferentes fases, de modo a comparar os valores obtidos com os das referências comerciais. Por fim, foi ainda necessário proceder a um estudo dos sistemas modelo (com hidrocolóides), visto que as sobremesas não atingiam muitos dos valores das referências comerciais.

3.1 Estudo das referências comerciais gelificadas

As referências comerciais gelificadas estudadas foram selecionadas de acordo com o seu tipo e inseridas em três grupos: as sobremesas tipo “papa”, tipo “pudim” e “tipo” cobertura. No total foram selecionadas 10 sobremesas: 5 tipo “papa”, 3 tipo “pudim” e 2 tipo “cobertura”.

Inicialmente realizou-se uma análise de textura às diferentes sobremesas, obtendo-se os valores de firmeza, adesividade, coesividade e elasticidade.

Na Figura 15 estão representados os valores de firmeza obtidos a partir das referências comerciais.

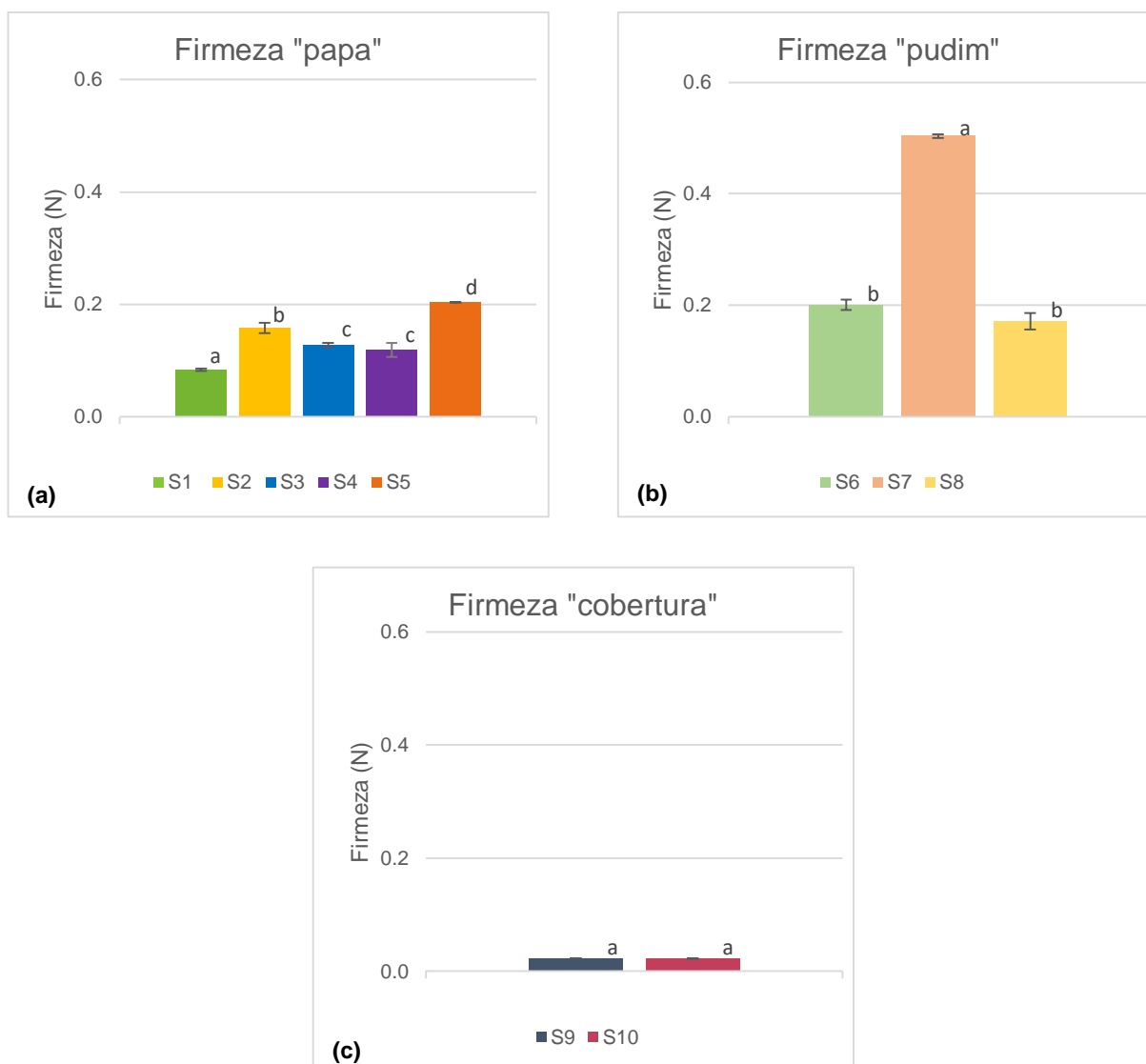


Figura 15- Firmeza do grupo de referências comerciais tipo “papa” **(a)**, do grupo de referências comerciais tipo “pudim” **(b)** e do grupo de referências comerciais tipo “cobertura” **(c)**.

As referências comerciais apresentam valores médios de firmeza muito distintos entre os diferentes grupos. O grupo das sobremesas tipo “pudim” é o que tem a maior média de firmeza (0,292 N), seguido pelo grupo das do tipo “papa” (0,138 N), com menos de metade do valor das tipo “pudim”, e pelo grupo das tipo “cobertura” (0,023 N), com menos de um doze avos das tipo “pudim”. Observa-se também que há maior variedade, em relação a este parâmetro, nas sobremesas tipo “papa” e tipo “pudim” e, pelo contrário, as sobremesas tipo “cobertura” têm firmezas muito semelhantes, não sendo significativamente diferentes.

Na Figura 16 estão representados os valores de adesividade obtidos a partir das referências comerciais.



Figura 16 – Adesividade do grupo de referências comerciais tipo “papa” (a), do grupo de referências comerciais tipo “pudim” (b) e do grupo de referências comerciais tipo “cobertura” (c).

Em relação à adesividade das referências comerciais, estas exibem valores médios muito distintos entre os diferentes grupos. O grupo das sobremesas tipo “pudim” é o que tem a maior média de adesividade (1,741 N), seguido pelo grupo das do tipo “papa” (1,027 N) e pelo grupo das tipo “cobertura” (0,040 N), que apresenta uma diferença enorme em relação aos outros grupos. Observa-se, tal como na firmeza, que há mais variedade, em relação à adesividade, nas sobremesas tipo “papa” e tipo “pudim” e, pelo contrário, as sobremesas tipo “cobertura” têm adesividades muito semelhantes, não sendo significativamente diferentes.

Na Figura 17 estão representados os valores de coesividade obtidos a partir das referências comerciais.

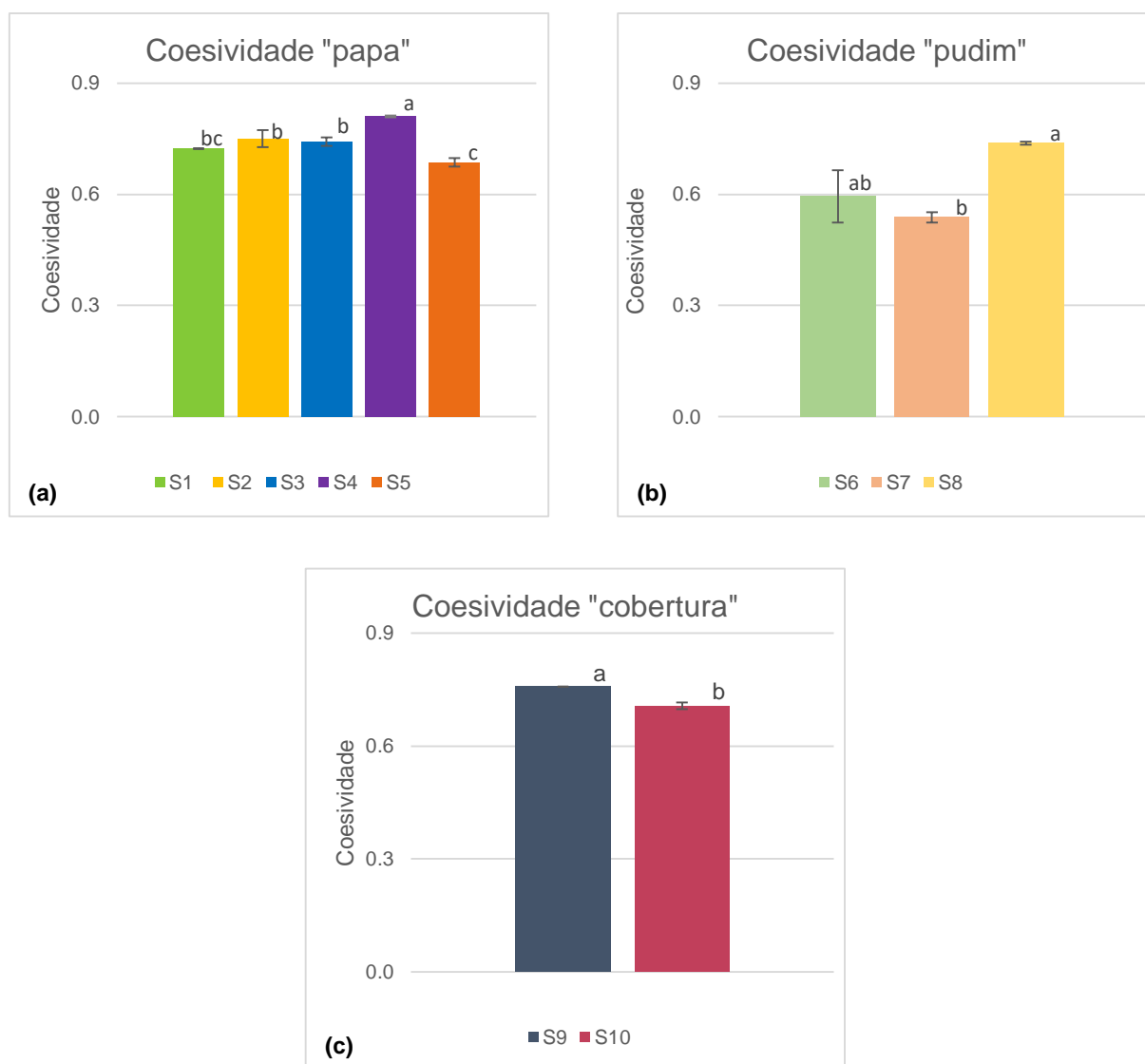


Figura 17 – Coesividade do grupo de referências comerciais tipo “papa” (a), do grupo de referências comerciais tipo “pudim” (b) e do grupo de referências comerciais tipo “cobertura” (c).

Em relação à coesividade das referências comerciais, estas exibem valores médios de coesividade próximos, ao contrário dos parâmetros anteriores, sendo a maior diferença entre o grupo “papa” e “pudim”. O grupo das sobremesas tipo “papa” é o que tem a maior média de coesividade (0,742 N), seguido pelo grupo das do tipo “cobertura” (0,732 N) e pelo grupo das tipo “pudim” (0,624 N).

Na Figura 18 estão representados os valores de elasticidade obtidos a partir das referências comerciais.

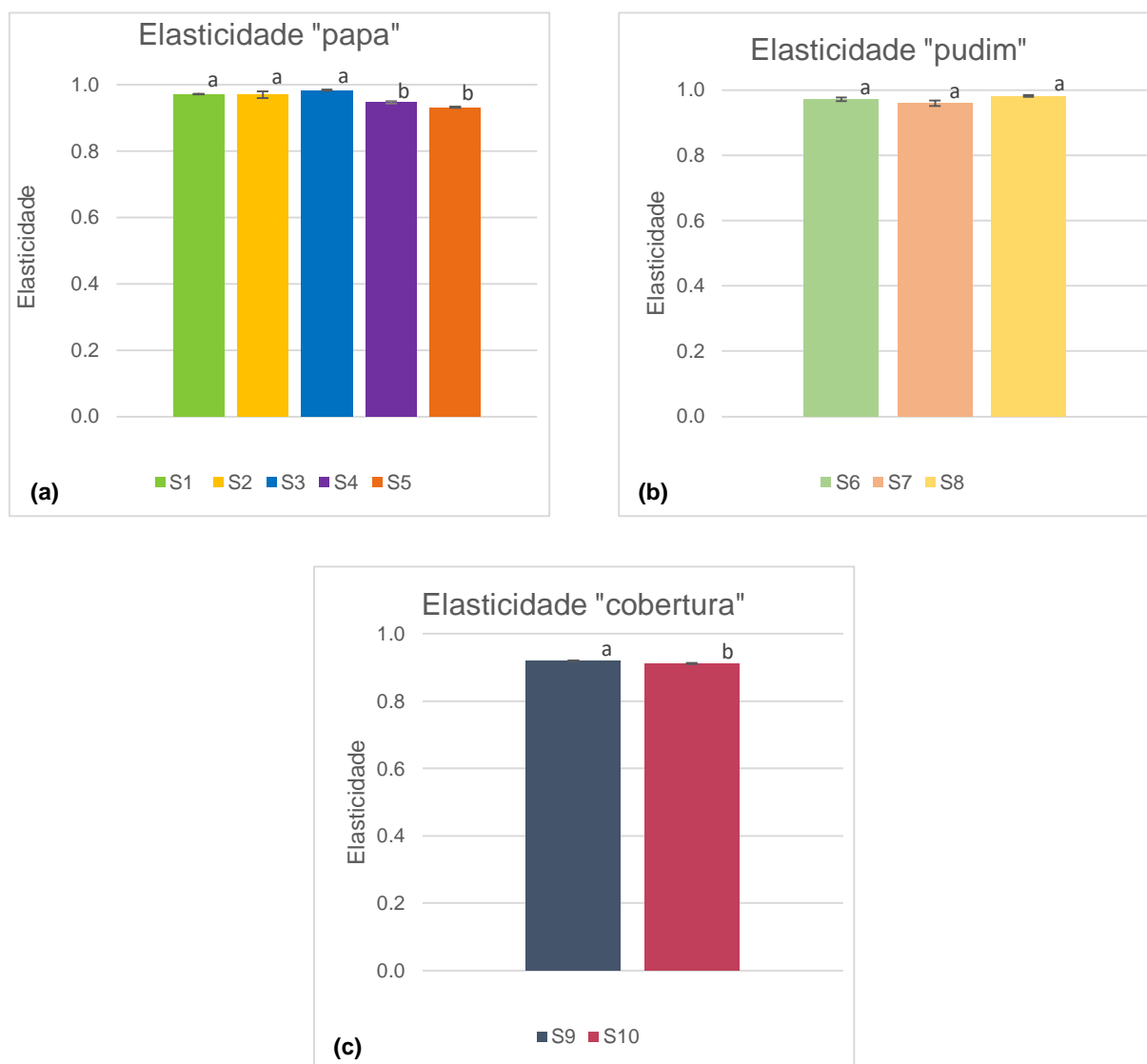


Figura 18 – Elasticidade do grupo de referências comerciais tipo “papa” (a), do grupo de referências comerciais tipo “pudim” (b) e do grupo de referências comerciais tipo “cobertura” (c).

Em relação à elasticidade das referências comerciais, tal como a coesividade, estas exibem valores médios muito semelhantes. O grupo das sobremesas tipo “pudim” é o que tem a maior média de elasticidade (0,971 N), seguido pelo grupo das do tipo “papa” (0,962 N) e pelo grupo das do tipo “cobertura” (0,916 N).

Como visto, a firmeza e a adesividade são os parâmetros que mais variam nas sobremesas, contrariamente à coesividade e à elasticidade que são os que menos variam. Desta forma, considera-se de maior importância a firmeza e a adesividade, pois são as que têm maior variação e as que espelham melhor as diferenças entre os diferentes tipos de sobremesa.

Com os resultados obtidos, determinaram-se os vários intervalos, de acordo com os valores máximos e mínimos de cada grupo. Estes vão permitir ter intervalos de referência, nos quais as sobremesas desenvolvidas devem-se enquadrar, de forma a terem características semelhantes às das sobremesas já existentes no mercado.

Para além da caracterização de textura, realizou-se uma análise reológica às diferentes sobremesas, obtendo-se gráficos de varrimento de tensões (Anexo II, III e IV), de frequências e de curvas de deformação.

Através do varrimento de tensão consegue-se determinar a zona de viscoelasticidade linear e, no geral, os diferentes grupos de referências comerciais possuem diferentes zonas de viscoelasticidade linear. O grupo “pudim” é o que tem a maior zona de viscoelasticidade linear, o que significa que tem a maior estruturação, pois consegue resistir a tensões mais elevadas (10-100 Pa). Pelo contrário, o grupo “cobertura” é o que tem a menor zona de viscoelasticidade linear, correspondendo a uma menor estruturação do material (1-5 Pa). Em relação às referências comerciais tipo “papa”, a zona de viscoelasticidade linear termina um pouco depois do grupo “cobertura” (2-50 Pa).

A Figura 19 representa graficamente os varrimentos de frequência das referências comerciais tipo “papa”.

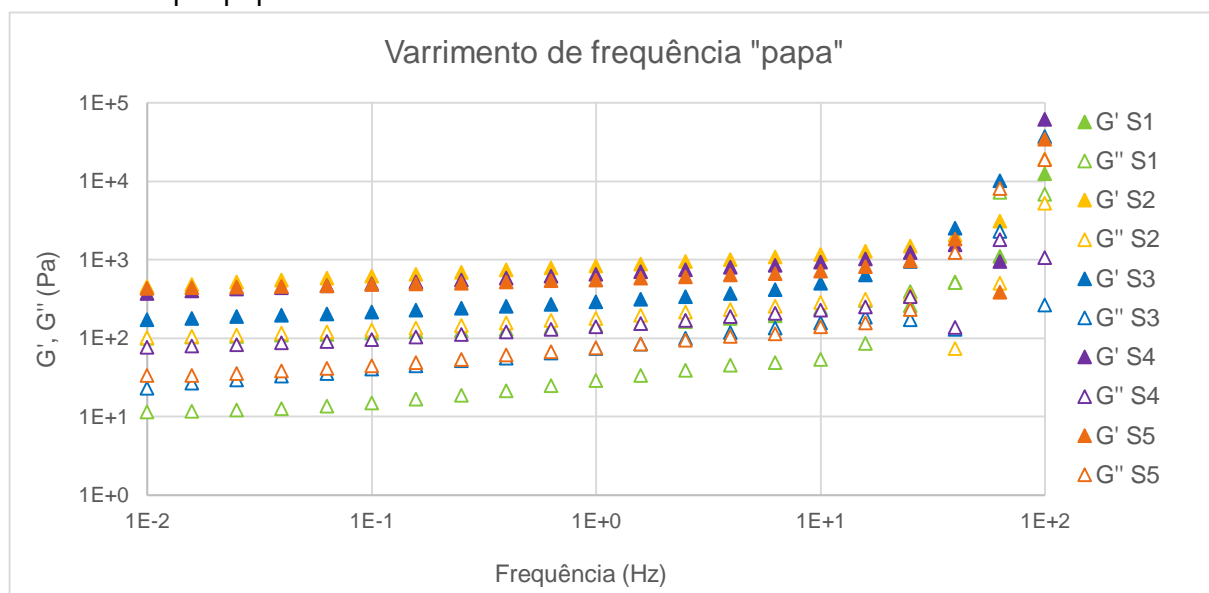


Figura 19 - Varrimento de frequência das referências comerciais do grupo “papa”.

Analisando o gráfico, as referências comerciais do tipo “papa” possuem um comportamento predominantemente elástico, uma vez que G' é maior que G'' .

A Figura 20 representa graficamente os varrimentos de frequência das referências comerciais tipo “pudim”.

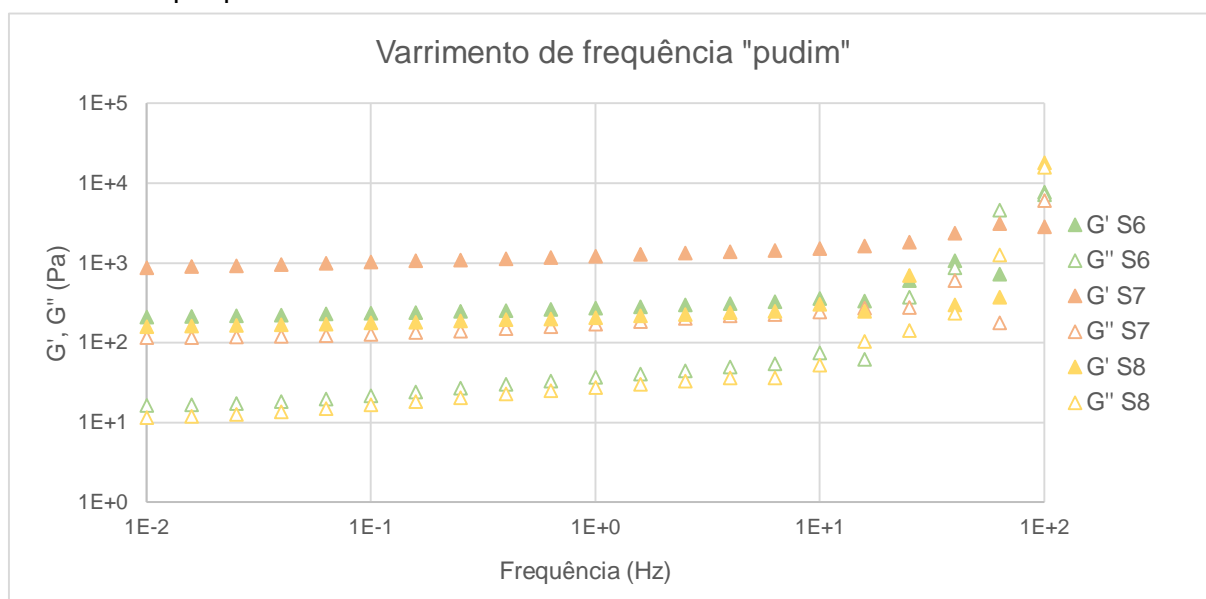


Figura 20 - Varrimento de frequência das referências comerciais do grupo “pudim”.

Avaliando o gráfico, pode-se observar que as referências “pudim” apresentam um comportamento mais próximo de um gel forte do que no caso das “papas”, revelando um maior grau de estruturação.

A Figura 21 representa graficamente os varrimentos de frequência das referências comerciais tipo “cobertura”.

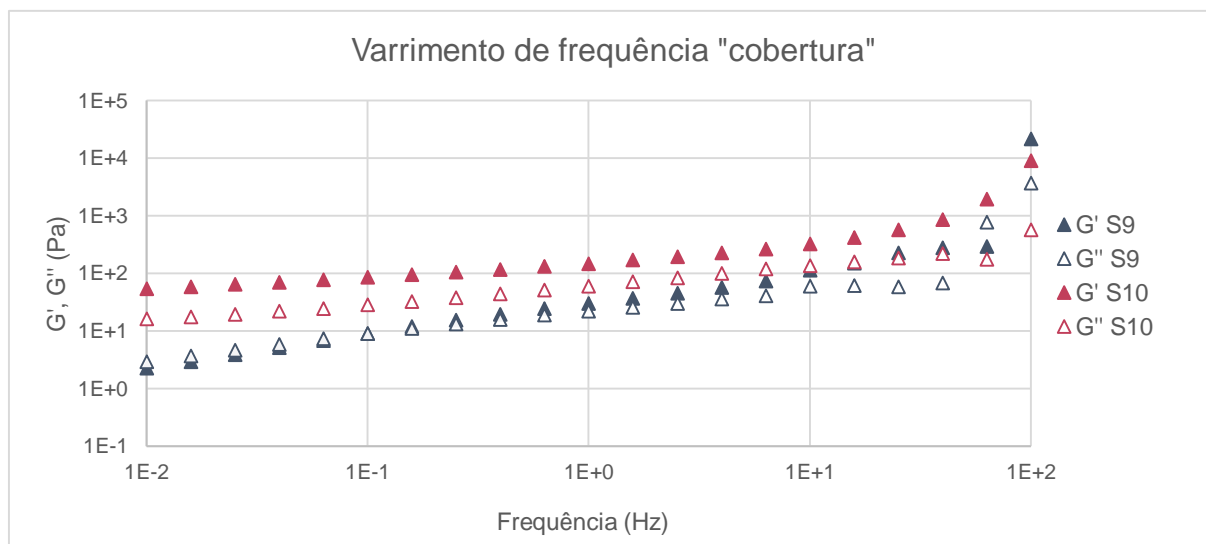


Figura 21 - Varrimento de frequência das referências comerciais do grupo “cobertura”.

As sobremesas tipo “cobertura” são as que possuem os géis mais fracos, estando os módulos viscoelásticos, ao longo das várias frequências, muito próximos e mais dependentes da frequência de oscilação.

As Figuras 22, 23 e 24 representam graficamente as curvas de viscosidade das referências comerciais tipo “papa”, “pudim” e “cobertura”, respetivamente.

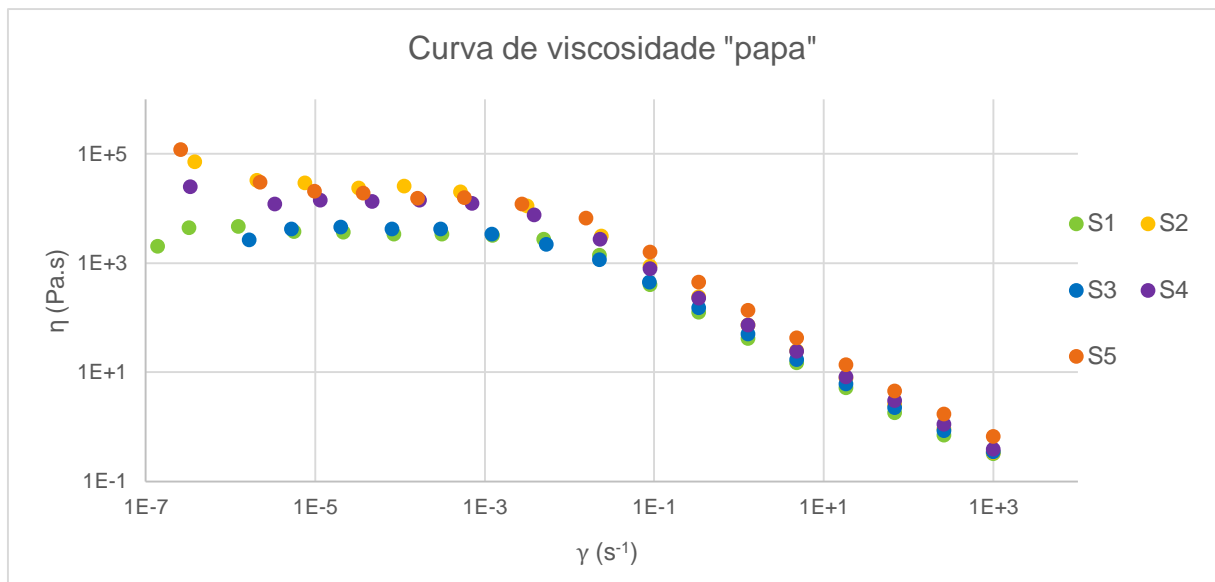


Figura 22 - Curvas de viscosidade das referências comerciais do grupo "papa".

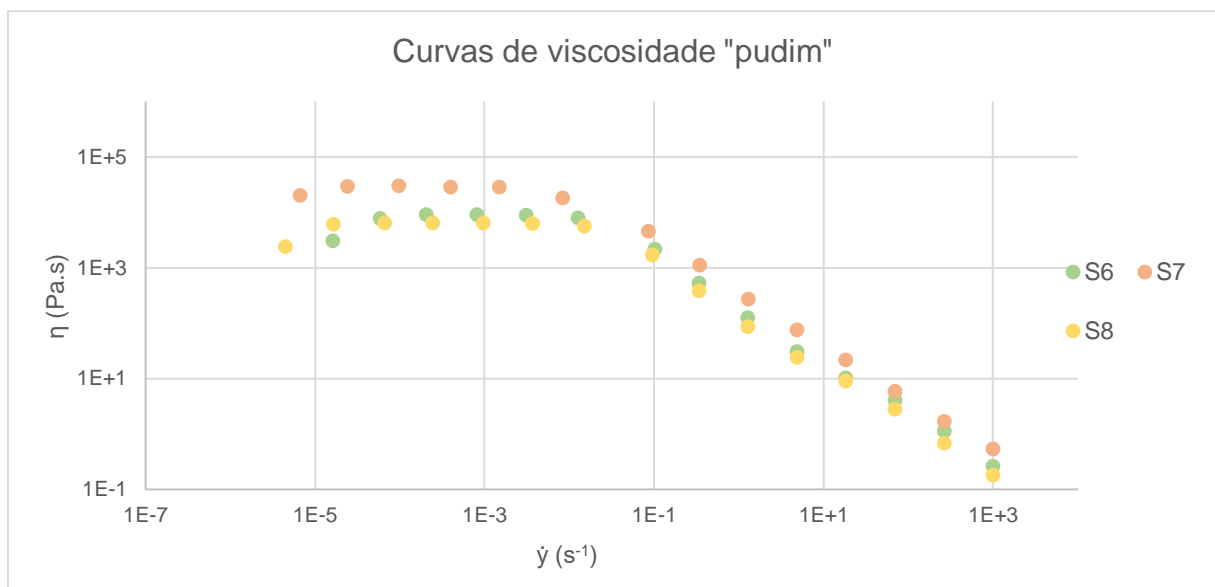


Figura 23 – Curvas de viscosidade das referências comerciais do grupo "pudim".

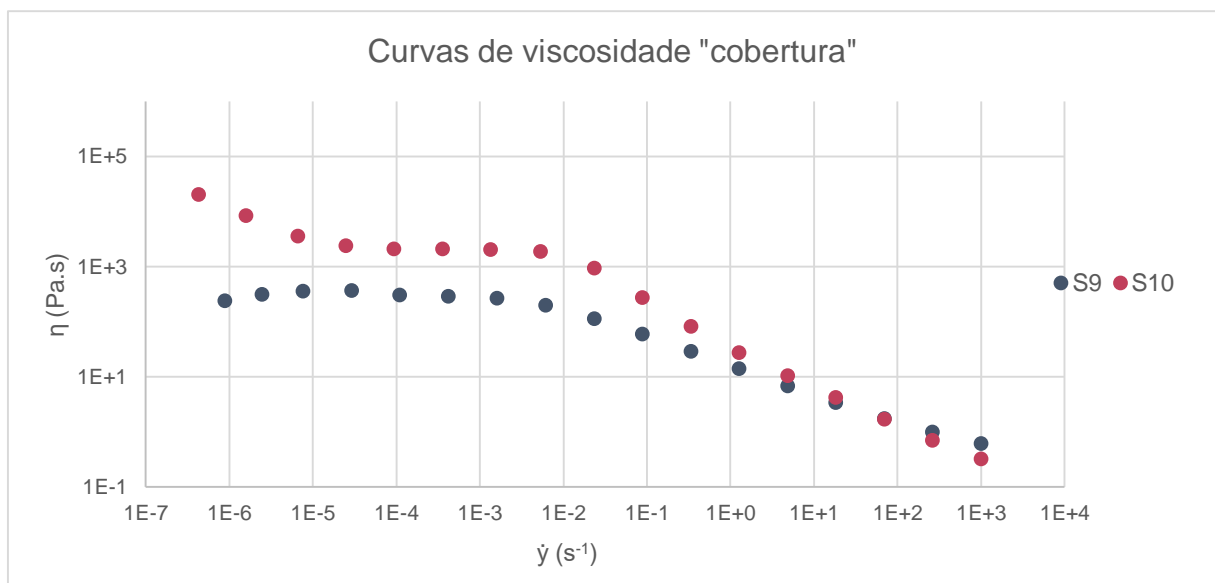


Figura 24 - Curvas de viscosidade das referências comerciais do grupo "cobertura".

Como era de esperar, todas as sobremesas exibem uma diminuição da viscosidade à medida que a taxa de deformação vai aumentando, ou seja, exibem um comportamento reofluidificante. A taxas de deformação baixas, todas as referências comerciais mantêm a viscosidade (patamar Newtoniano). À medida que a taxa de deformação aumenta, a estrutura do material vai-se alterando, uma vez que há quebra das ligações entre as moléculas e estas passam a ter um comportamento mais individualizado. Consequentemente, a viscosidade do material diminui (Sousa, 2001).

Entre os três grupos, o grupo das referências comerciais tipo “papa” é o que tem o menor patamar Newtoniano. Nos restantes grupos o patamar Newtoniano é maior, mantendo a viscosidade praticamente inalterável a taxas de deformação mais altas. Pode-se ainda observar que o grupo “cobertura” é o que tem os menores valores de viscosidade. Pelo contrário, o grupo “papa” tem os maiores valores de viscosidade mas apenas a taxas de deformação baixas.

3.2 Determinação do IAA e do IS da farinha

Procedeu-se à determinação do Índice de Absorção de Água (IAA) e do Índice de Solubilidade (IS) da farinha de arroz, os resultados obtidos de IAA e IS estão representados na Figura 25 e 26, respetivamente.

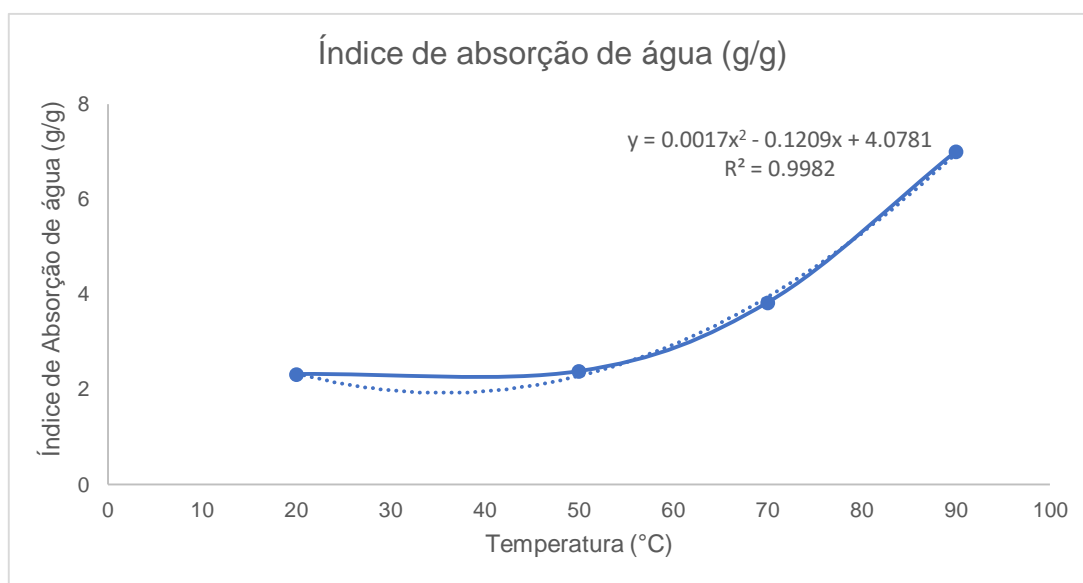


Figura 25 - Índice de absorção de água (IAA) da farinha de arroz carolino, em função da temperatura.

O gráfico do IAA da farinha de arroz em função da temperatura utilizada. Neste gráfico observa-se um IAA com uma variação mínima (+0,06) entre os 20°C e os 50°C mas que sobe abruptamente entre os 50°C e os 70°C (+1,44), com uma diferença vinte e três vezes maior que a anterior. Entre os 70°C e os 90°C este apresenta uma diferença de apenas duas vezes maior que a anterior (+3,18), mas que em relação à primeira é cinquenta e uma vezes maior. Comparando os valores, o maior índice foi atingido à temperatura de 90°C (7,00) e, com um terço desse valor, o menor foi à temperatura de 20°C (2,32).

O coeficiente de determinação (R^2) da equação da função de tendência ($y=0,0017x^2-0,1209x+4,0781$) é bastante elevado, explicando 99,8% dos resultados.

Comparando com os valores obtidos por Torres *et al.* (2014), cerca de 10 (g/g), esta farinha obteve menores valores de IAA.

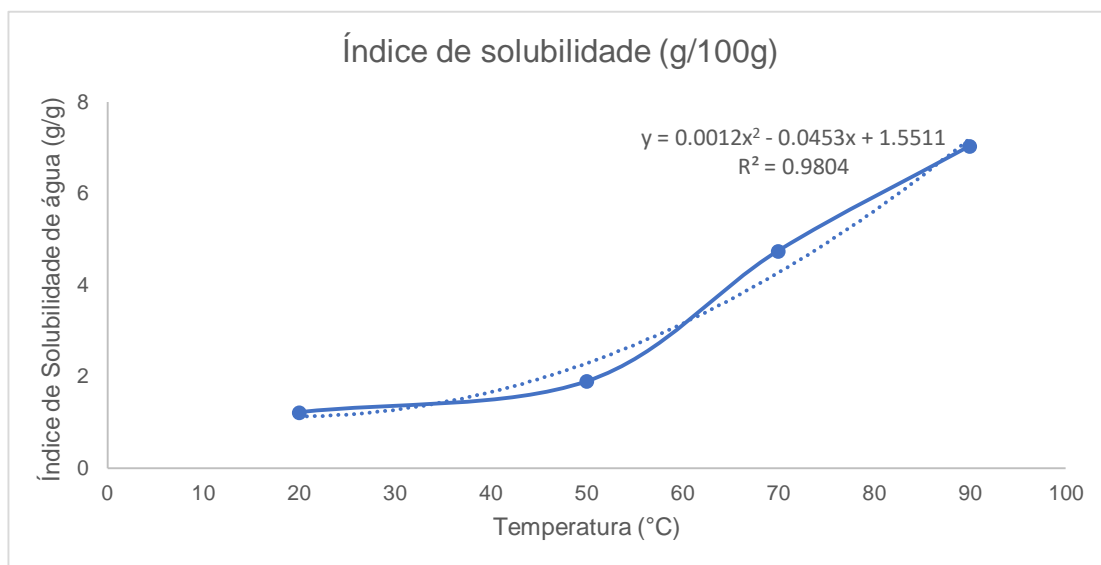


Figura 26- Índice de solubilidade (IS) da farinha de arroz carolino, em função da temperatura.

Neste gráfico observa-se um IS com uma variação mínima (+0,67) também entre os 20°C e os 50°C. Este, tal como no IAA, sobe entre os 50°C e os 70°C (+2,85), mas com uma diferença menos acentuada, cerca de 4 vezes maior que a anterior. Entre os 70°C e os 90°C há uma ligeira desaceleração do IS (+2,29), com pouca diferença para a anterior. Comparando os valores, o maior índice foi atingido à temperatura de 90°C (7,03%) e o menor foi, com quase um sexto desse valor, à temperatura de 20°C (1,22%).

O coeficiente de determinação (R^2) da equação da função de tendência ($y=0,0012x^2-0,0453x+1,5511$) é bastante elevado, explicando 98% dos resultados. Esta função apenas é válida para as temperaturas estudadas.

Comparando com os valores obtidos por Torres *et al.* (2014), cerca de 5,5% (m/m), esta farinha obteve maiores valores de IS.

Em relação a ambos os índices, o valor mais favorável foi obtido à temperatura de 90°C e, como tal, essa vai ser a temperatura utilizada para a elaboração das sobremesas gelificadas.

3.3 Determinação da concentração mínima de farinha

Determinada a melhor temperatura para o IAA e o IS, realizaram-se vários ensaios, representados na Figura 27, com o objetivo de determinar a percentagem mínima necessária de farinha de arroz para que ocorresse gelificação. Realizou-se um varrimento de frequência a esses ensaios (Figura 28) de modo a avaliar a sua gelificação.

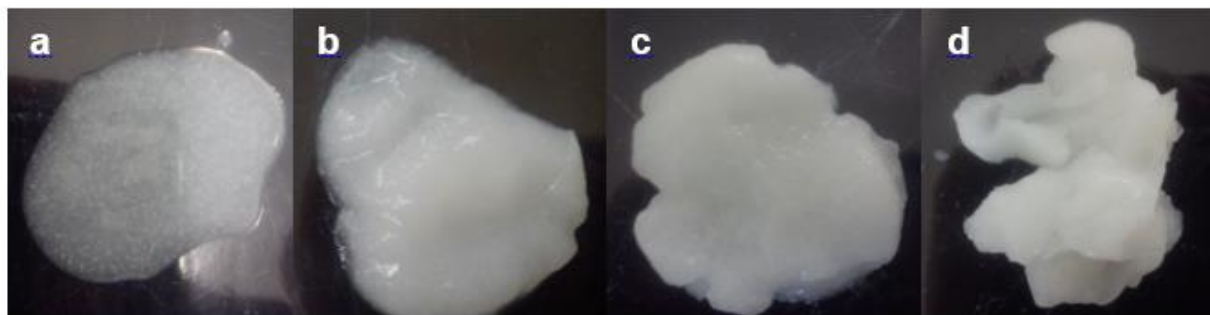


Figura 27 - Impacto das diferentes concentrações de farinha de arroz. **(a)** 5% farinha de arroz carolino; **(b)** 7% farinha de arroz carolino; **(c)** 10% farinha de arroz carolino; **(d)** 15% farinha de arroz carolino.

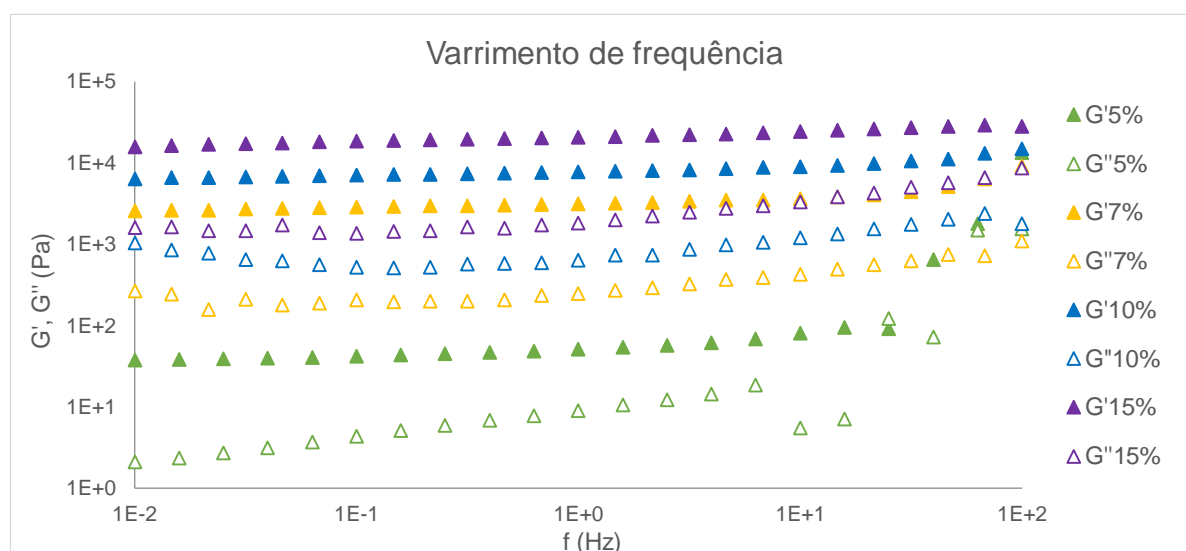


Figura 28- Varrimento de frequência para as soluções de diferentes percentagens de farinha de arroz.

Através do gráfico da Figura 28, pode-se observar que quanto maior a percentagem de farinha de arroz, maior os módulos viscoelásticos. Repara-se ainda que, na percentagem de farinha mais baixa (5%), não temos um gel, na medida em que existe uma inversão de módulos viscoelásticos para frequências mais elevadas. Devido a este facto, exclui-se a menor concentração para a gelificação e obtém-se a concentração de 7% de farinha de arroz.

Apesar de se ter determinado a concentração mínima de farinha de arroz, para uma solução de água, por vezes, com essa concentração, as sobremesas não gelificavam, estando muito dependentes de todas as condições dos ensaios. Como tal, optou-se por utilizar 8% de concentração de farinha de arroz, de forma a garantir a gelificação.

3.4 Formulação base para as sobremesas gelificadas

Escolhida a concentração de farinha de arroz a utilizar nas sobremesas (8% m/m), procedeu-se à obtenção da formulação base das sobremesas gelificadas. Realizaram-se vários ensaios, alterando as concentrações de ingredientes, de forma a obter uma formulação base, de acordo com as características sensoriais desejadas.

Utilizou-se água, farinha, ananás desidratado e açúcar. Após vários ensaios, chegou-se a uma formulação, representada na Tabela 6, adequada ao produto pretendido (Figura 29). A formulação base foi preparada segundo a metodologia indicada em 2.2.3.

Tabela 6 – Formulação base para a obtenção das sobremesas gelificadas.


Formulação base		
<i>Composto</i>	<i>Concentração (%)</i>	<i>Sobremesa base</i>
Água	83	
Farinha	8	
Ananás	5	
Açúcar	4	

Figura 29 – Sobremesa realizada com a formulação base.

3.5 Estudo da variação da farinha/água na formulação base

Para o estudo da variação da farinha na formulação base, foram mantidas constantes as concentrações de sacarose e de ananás, tendo-se variado a quantidade de água consoante a concentração pretendida de farinha de arroz. As diferentes concentrações estão descritas na Tabela 7, de acordo com o ensaio.

Tabela 7 – Formulações para o estudo da variação da farinha e da água nas sobremesas.

Formulações dos ensaios de variação farinha/água (F)			
<i>Compostos</i>	<i>Ensaio F1 (%)</i>	<i>Ensaio F2 (%)</i>	<i>Ensaio F3 (%)</i>
Água	83	79	76
Farinha	8	12	15
Ananás (fixo)	5	5	5
Sacarose (fixo)	4	4	4

Os géis obtidos nos diferentes ensaios da variação da farinha foram sujeitos a testes reológicos, mais precisamente a testes de varrimento de temperatura, de tempo (maturação) e de frequência. Após 1 e 8 dias, foi determinada a sua sinerese, textura e cor.

Os testes reológicos (Anexo V) permitiram analisar a formação do gel, determinar o tempo de maturação e analisar o seu espectro mecânico. Destes obtiveram-se as seguintes informações:

- Varrimento de temperatura (arrefecimento, 60-5°C): aos 60°C os ensaios já revelaram a forma de uma estrutura de gel;
- Varrimento de tempo (maturação): a maturação dos géis demora menos de 12 h, logo a maturação já ocorreu antes dos testes ao primeiro dia;
- Varrimento de frequência: os géis obtidos têm comportamento de um “gel fraco”, observando-se pouca diferença entre os diferentes módulos e uma certa dependência da frequência.

Na Figura 30 representam-se graficamente os valores de sinerese obtidos nos ensaios de variação de farinha.

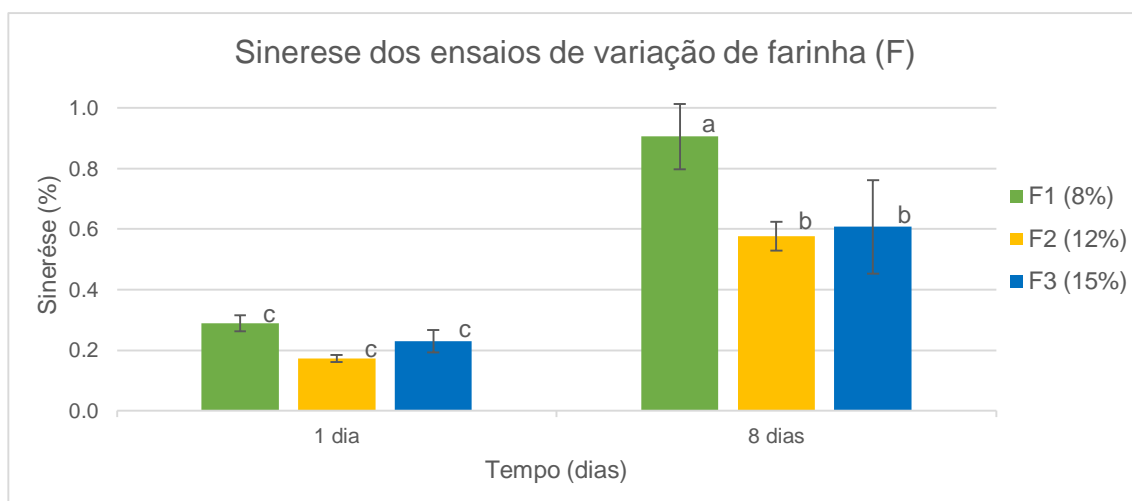


Figura 30 – Valores de sinerese dos ensaios de variação de farinha.

Os ensaios das diferentes concentrações de farinha, no primeiro dia, não tiveram resultados de sinerese significativamente diferentes entre eles. Contudo, ao oitavo dia, o ensaio F1, ao qual corresponde maior teor de água, já era significativamente diferente dos outros, com um valor de 0,91% de sinerese, aumentando 214% em relação ao valor do primeiro dia. Os ensaios F2 e F3 não foram significativamente diferentes ao oitavo dia (0,58 e 0,61%, respetivamente) e tiveram um aumento de 235% e 165% em relação ao primeiro dia, respetivamente.

As diferenças entre o primeiro e o oitavo dia devem-se, sobretudo, à retrogradação do amido, que pode causar sinerese ao longo do tempo. Tal como visto anteriormente, a retrogradação da amilose ocorre rapidamente enquanto a retrogradação da amilopectina ocorre mais lentamente. Esse facto conduz a diferenças significativas entre os dois dias estudados, pois, provavelmente, no oitavo dia já houve retrogradação da amilopectina (Thomas D & Atwell W, 1999; Wang *et al.*, 2015).

Na Figura 31 estão representados os valores de firmeza obtidos nos ensaios de variação de farinha, bem como os diferentes intervalos das referências comerciais.

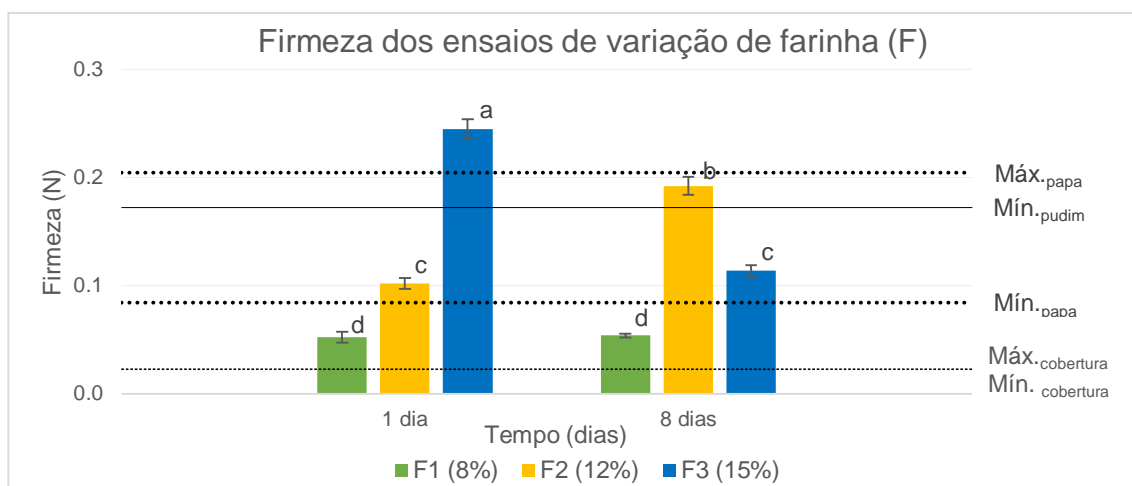


Figura 31 - Representação gráfica dos valores de firmeza dos ensaios de variação de farinha e dos intervalos das referências comerciais (apenas os mais próximos).

Em relação à firmeza dos ensaios da variação de farinha, no primeiro dia esta aumenta com o aumento da concentração de farinha de arroz. Ao oitavo dia, o ensaio F1 não teve alterações significativas em relação ao primeiro dia. Pelo contrário, os ensaios F2 e F3 tiveram, entre os dois dias, uma diferença significativa, diminuindo a firmeza com o tempo.

As duas sobremesas com concentrações mais elevadas de farinha (12 e 15%) apresentam valores de firmeza no intervalo de valores obtidos com as referências dos tipos "papa" e "pudim". Todas as sobremesas desenvolvidas apresentam valores de firmeza superiores ao alvo de "cobertura", pelo que esta aplicação não é adequada aos produtos desenvolvidos. Os valores que não estão dentro dos intervalos e que não sejam significativamente diferentes dos limites destes, consideram-se dentro dos mesmos (tal é valido para todos os resultados deste trabalho).

Na Figura 32 estão representados os valores de adesividade obtidos nos ensaios de variação de farinha, bem como os diferentes intervalos das referências comerciais.

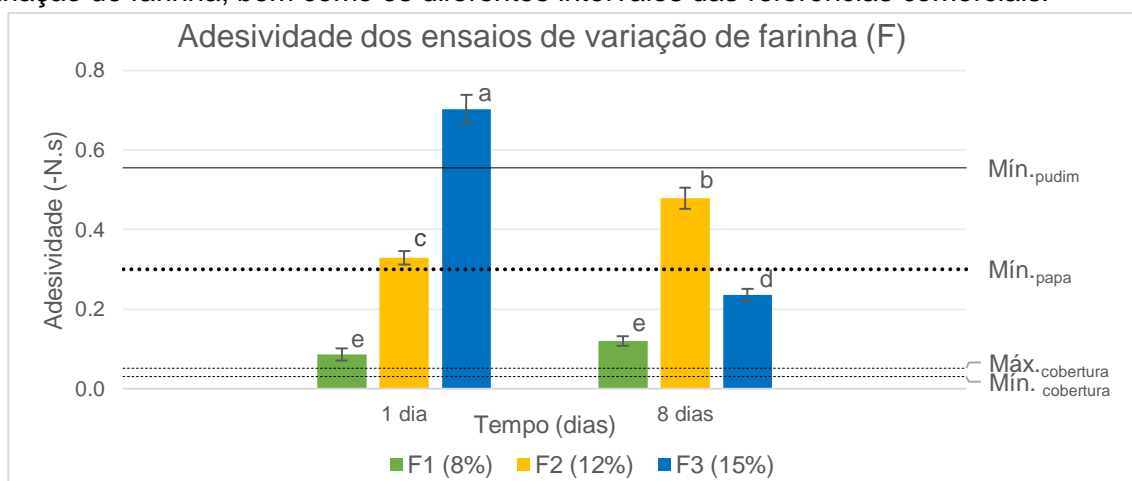


Figura 32 – Valores de adesividade dos ensaios de variação de farinha e dos intervalos das comerciais (apenas os mais próximos).

Os resultados da adesividade dos ensaios à variação de farinha expressam diferenças semelhantes aos da firmeza. No primeiro dia o valor de elasticidade aumenta com o aumento da concentração de farinha de arroz. Ao oitavo dia, o ensaio F1 não teve alterações significativas em relação ao primeiro dia e, contrariamente, os ensaios F2 e F3 tiveram, entre os dois dias, uma diferença significativa, aumentando e diminuindo a sua adesividade, respetivamente, com o tempo ($\Delta F2=+46\%$; $\Delta F3=-67\%$).

As duas sobremesas com concentrações mais elevadas de farinha (12 e 15%) apresentam valores de adesividade no intervalo de valores obtidos com as referências dos tipos "papa" e "pudim", enquanto a sobremesa com concentração mais baixa (8%) tem valores que se inserem nas referências "cobertura".

Na Figura 33 estão representados os valores de coesividade obtidos nos ensaios de variação de farinha, bem como os diferentes intervalos das referências comerciais.

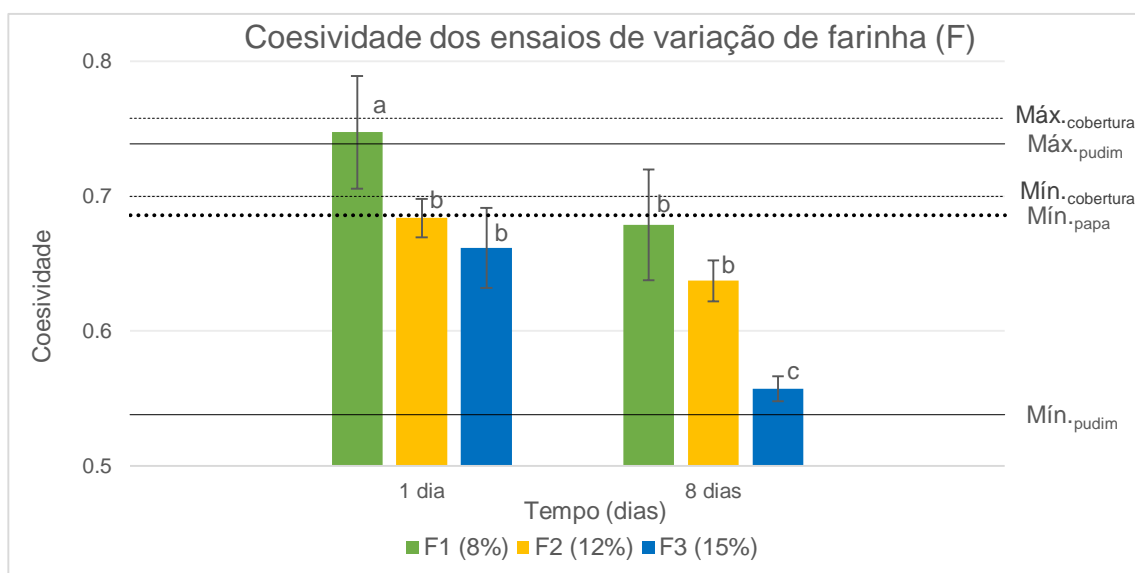


Figura 33 – Valores de coesividade dos ensaios de variação de farinha e dos intervalos das referências comerciais (apenas os mais próximos).

Em relação à coesividade dos ensaios à variação de farinha, em ambos os dias esta diminui com o aumento da concentração de farinha de arroz. O ensaio F2 é o único que, entre os dois dias, não alterou significativamente a sua coesividade. Opostamente, os ensaios F1 e F2 alteram, significativamente, os seus valores ao longo do tempo ($\Delta F1=-9$; $\Delta F2=-16\%$).

Os três ensaios inserem-se em todos os grupos de referências comerciais, exceto o F3 que ao oitavo dia não se insere no grupo de "papa" e no de "cobertura".

Na Figura 34 estão representados os valores de elasticidade obtidos nos ensaios de variação de farinha, bem como os diferentes intervalos das referências comerciais.

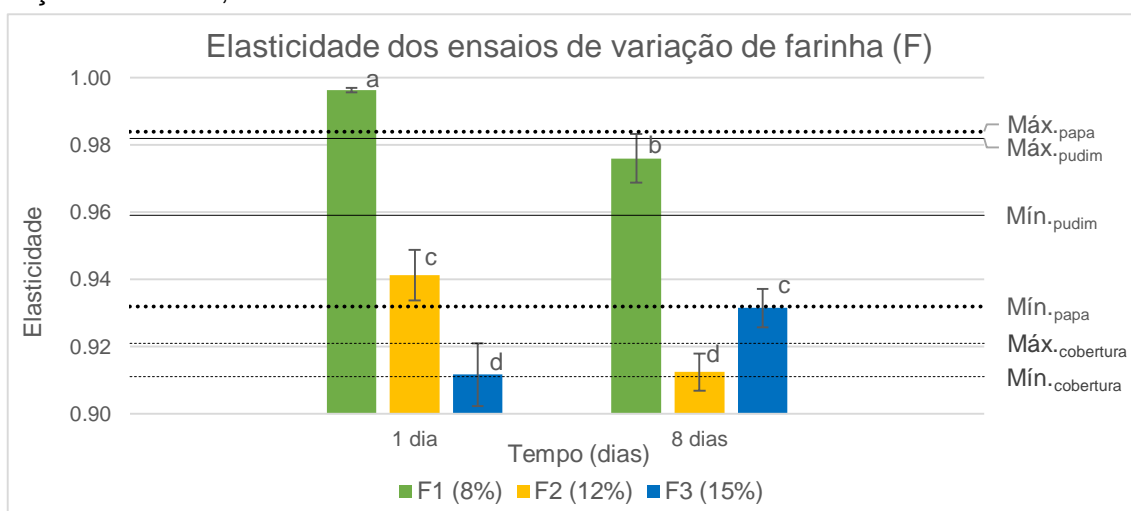


Figura 34 - Valores de elasticidade dos ensaios de variação de farinha e dos intervalos das referências comerciais (apenas os mais próximos).

Em relação à elasticidade dos ensaios à variação de farinha, no primeiro dia, esta diminui com o aumento da concentração de farinha de arroz, sendo os três significativamente diferentes. No oitavo dia, observa-se que todos os ensaios são significativamente diferentes e não se observa nenhuma tendência clara. Também entre os dias, não se observa qualquer semelhança, sendo todas as amostras significativamente diferentes entre elas.

Os três ensaios inserem-se no grupo “papa”. O ensaio F1 insere-se também no grupo “pudim”, o ensaio F2 nos grupos “cobertura” e no “pudim” e o ensaio F3 no grupo “cobertura”.

Analisando todas as componentes da textura, no geral, não são satisfatórias, principalmente em relação aos dois principais parâmetros, a firmeza e a elasticidade. Nem sempre atingem os valores de referência e quando atingem, muitas das vezes, é apenas num dos dias, mostrando instabilidade estrutural.

Após as avaliações de textura, realizaram-se as medições de cor, cujos resultados estão representados na Tabela 8.

Tabela 8 – Valores dos parâmetros L*, a* e b* (CIELAB) dos ensaios de variação de farinha (F).

Parâmetros	Ensaio de variação farinha (F)					
	Ensaio F1		Ensaio F2		Ensaio F3	
	1º dia	8º dia	1º dia	8º dia	1º dia	8º dia
L*	78,95 ^a	78,34 ^a	80,26 ^a	79,55 ^a	80,67 ^a	80,45 ^a
a*	-3,20 ^a	-3,20 ^a	-2,93 ^a	-2,99 ^a	-3,09 ^a	-3,13 ^a
b*	17,54 ^c	17,87 ^c	21,95 ^b	21,98 ^b	31,81 ^a	31,44 ^a
ΔE	0,69		0,72		0,43	

O parâmetro da luminosidade não varia significativamente entre os diferentes ensaios, nem entre os diferentes dias ($78,34 < L^* < 80,67$). No entanto, é possível observar um ligeiro aumento com o aumento da concentração de farinha de arroz e uma ligeira diminuição ao longo do tempo.

Em relação à coordenada a^* do sistema de cor CIELAB, que dá informação acerca da cor verde (-60) e da cor vermelha (+60), esta não varia significativamente entre os três ensaios, nem entre os diferentes dias. Os valores obtidos ($-2,93 > a^* > -3,20$), estão muito perto de zero, mas inclinam ligeiramente para o verde.

Em relação à coordenada b^* do sistema de cor CIELAB, que dá informação acerca da cor azul (-60) e da cor amarela (+60), esta não varia significativamente entre os dois dias.

A diferença total de cor, que relaciona a variação dos três parâmetros, nos diferentes ensaios é insignificante na cor geral das sobremesas, pois não ultrapassam as cinco unidades e, segundo Castellar *et al.* (2006), o humano não consegue detetar as diferenças.

No geral, os parâmetros da cor mantêm-se estáveis ao longo do tempo e, apenas, a coordenada b^* se altera, significativamente, com o aumento da concentração da farinha de arroz.

Após a análise de todos os parâmetros, optou-se pela formulação de 8% de farinha de arroz carolino (F1), pois as outras concentrações de farinha, apesar de em alguns parâmetros serem mais adequados, passavam um sabor a arroz muito pronunciado na sobremesa, não sendo viável sensorialmente.

3.6 Estudo da variação do açúcar/água na formulação base

Após determinada a concentração de farinha de arroz mais adequada, seguiu-se o estudo da variação de açúcar. Foram mantidas constantes as concentrações de farinha e de ananás, tendo-se variado a quantidade de água consoante a concentração pretendida de açúcar. As diferentes concentrações estão descritas na Tabela 9, de acordo com o ensaio.

Tabela 9 - Formulações para o estudo da variação do açúcar e da água nas sobremesas.

<i>Formulações dos ensaios de variação açúcar/água (A)</i>				
<i>Compostos</i>	<i>Ensaio A1 (%)</i>	<i>Ensaio A2 (%)</i>	<i>Ensaio A3=F1 (%)</i>	<i>Ensaio A4 (%)</i>
Água	87	85	83	81
Farinha (fixo)	8	8	8	8
Ananás (fixo)	5	5	5	5
Sacarose	0	2	4	6

Os diferentes ensaios da variação de açúcar foram sujeitos a testes reológicos, mais precisamente a testes de varrimento de temperatura, de tempo (maturação) e de frequência. Após 1 e 8 dias, foi determinada a sua sinerese, textura e cor.

Os testes reológicos (Anexo VI) permitiram analisar a formação do gel, determinar o tempo de maturação e analisar o seu espectro mecânico. Destes obtiveram-se as seguintes informações:

- Varrimento de temperatura (arrefecimento, 60-5°C): aos 60°C os ensaios já revelavam a forma de uma estrutura de gel;
- Varrimento de tempo (maturação): a maturação dos géis demora menos de 5 h, logo a maturação já ocorreu antes dos testes ao primeiro dia;
- Varrimento de frequência: os géis são fracos, observa-se pouca diferença entre os diferentes módulos.

Na Figura 35 está a representação gráfica dos valores de sinerese obtidos para os ensaios de variação de açúcar.

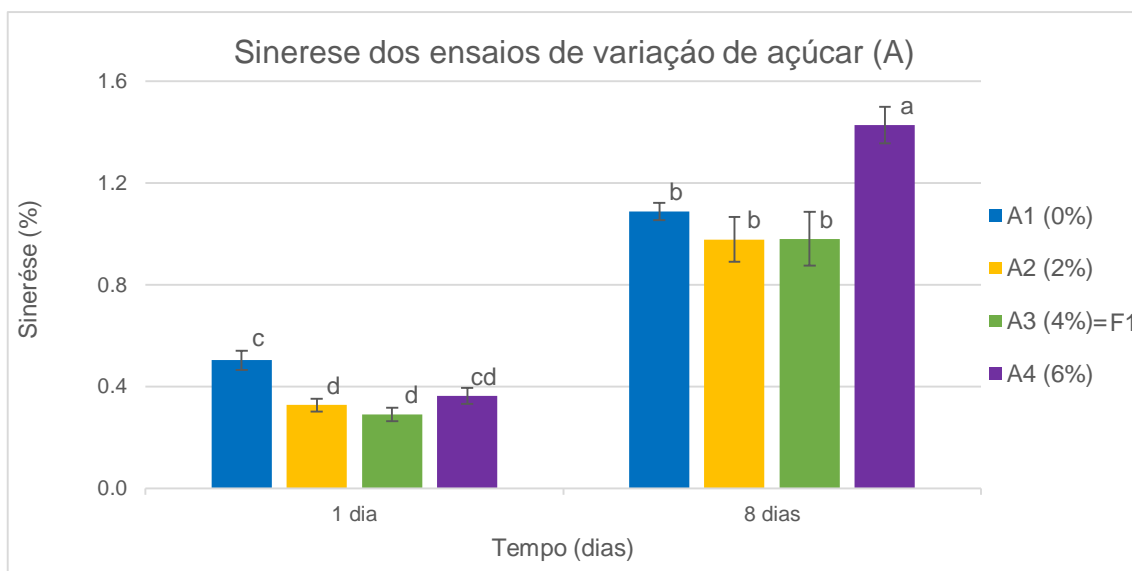


Figura 35 – Valores de sinerese dos ensaios de variação de açúcar (com a farinha fixa nos 8%).

A sinerese dos ensaios das diferentes concentrações de açúcar, no primeiro dia, não teve grandes variações, mas o ensaio sem açúcar foi significativamente diferente dos ensaios com valores intermédios de açúcar (A2 e A3). No oitavo dia, todos ensaios aumentaram os valores de sinerese, em comparação com o primeiro dia, sendo que o valor mais elevado, e significativamente diferente dos outros, foi o do ensaio de maior concentração de açúcar, chegando a 1,43% de sinerese. Este resultado pode ter ocorrido devido ao aumento da pressão interna do gel com o aumento de açúcar, o que pode ter levado a um aumento de solvente expulso do sistema.

Analisando as variações de sinerese, observa-se a tendência de aumento com o tempo e com a concentração de açúcar ($\Delta A1=+116\%$; $\Delta A2=+199\%$; $\Delta A3=+214\%$; $\Delta A4=+293\%$).

Na Figura 36 está representado graficamente os valores de firmeza obtidos nos ensaios de variação de açúcar, bem como os diferentes intervalos das referências comerciais.

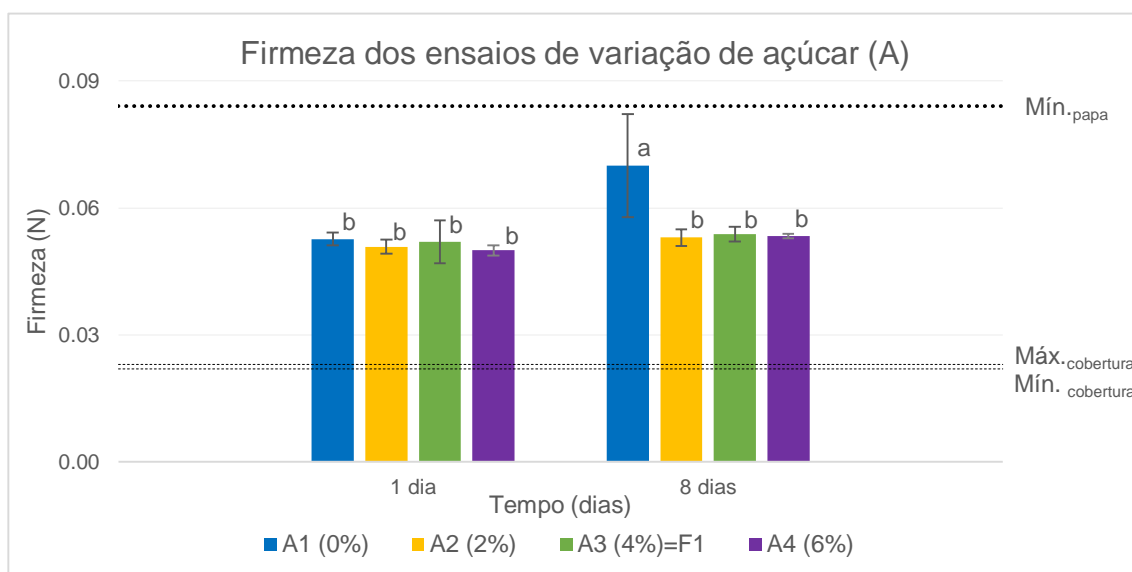


Figura 36 – Valores de firmeza dos ensaios à variação de açúcar (com a farinha fixa nos 8%). As linhas a tracejado indicam os valores mínimos e máximos de cada tipo de referência comercial (apenas os mais próximos dos valores das sobremesas desenvolvidas).

Em relação à firmeza dos ensaios à variação de açúcar, no primeiro dia, não se observaram alterações significativas entre os diferentes ensaios. Ao oitavo dia, a firmeza aumentou apenas para o ensaio sem açúcar, os outros não tiveram alterações significativas em relação ao primeiro dia. Estes resultados sugerem que o açúcar ajuda a manter a firmeza, dando estabilidade à estrutura dos géis.

Apenas o ensaio A1, no oitavo dia, se insere num grupo comercial (“papa”), mas os restantes não se inserem em nenhum dos grupos.

Na Figura 37 estão representados graficamente os valores de adesividade obtidos nos ensaios de variação de açúcar, bem como os diferentes intervalos das referências comerciais.

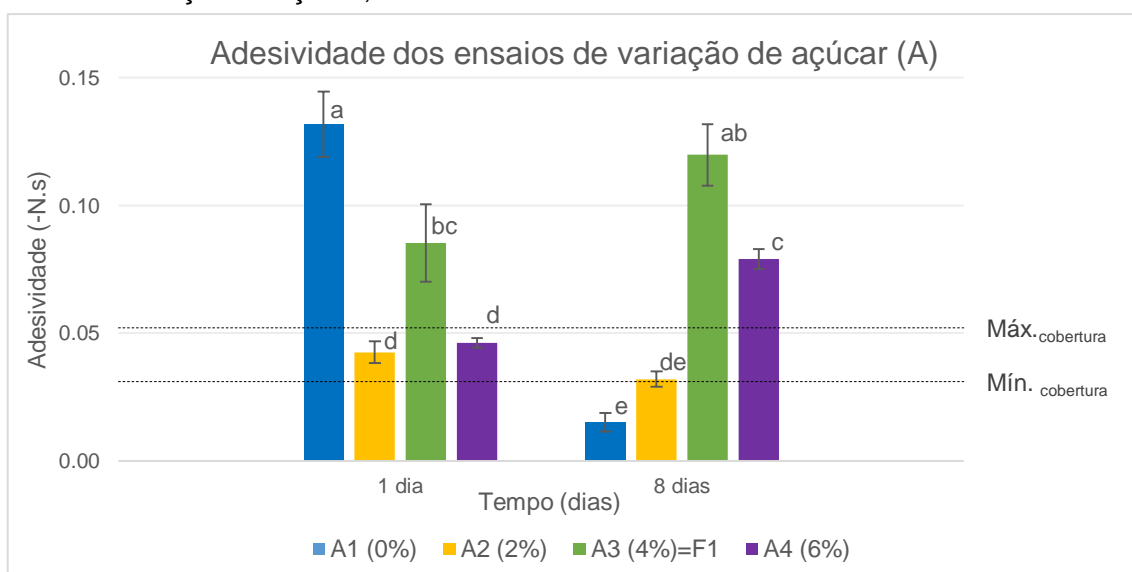


Figura 37 – Valores de adesividade dos ensaios à variação de açúcar (já com a farinha fixa nos 8%). As linhas indicam os valores mínimos e máximos de cada tipo de referência comercial (apenas os mais próximos dos valores das sobremesas desenvolvidas).

Em relação à adesividade, esta é bastante variável, quer entre os diferentes ensaios, quer ao longo do tempo. No primeiro dia, observa-se que apenas os ensaios A2 e A4 não são significativamente diferentes, enquanto no oitavo dia apenas os ensaios A1 e A2 não são significativamente diferentes. Os ensaios mais estáveis são o A2 e o A3, não variando significativamente ao longo do tempo. Importa salientar que o ensaio menos estável foi o A1, que não tem açúcar, tendo sofrido uma redução brusca entre os dois dias ($\Delta A1 = -88\%$). Como tal, apesar de não haver uma grande correlação dos resultados com as formulações, parece haver um efeito benéfico, na estabilidade da estrutura, com a adição de açúcar.

Os quatro ensaios inserem-se no intervalo das referências comerciais tipo “cobertura”, mas apenas o F2 e o F4 estão dentro do intervalo em ambos os dias.

Na Figura 38 estão representados graficamente os valores de coesividade obtidos nos ensaios de variação de açúcar, bem como os diferentes intervalos das referências comerciais.

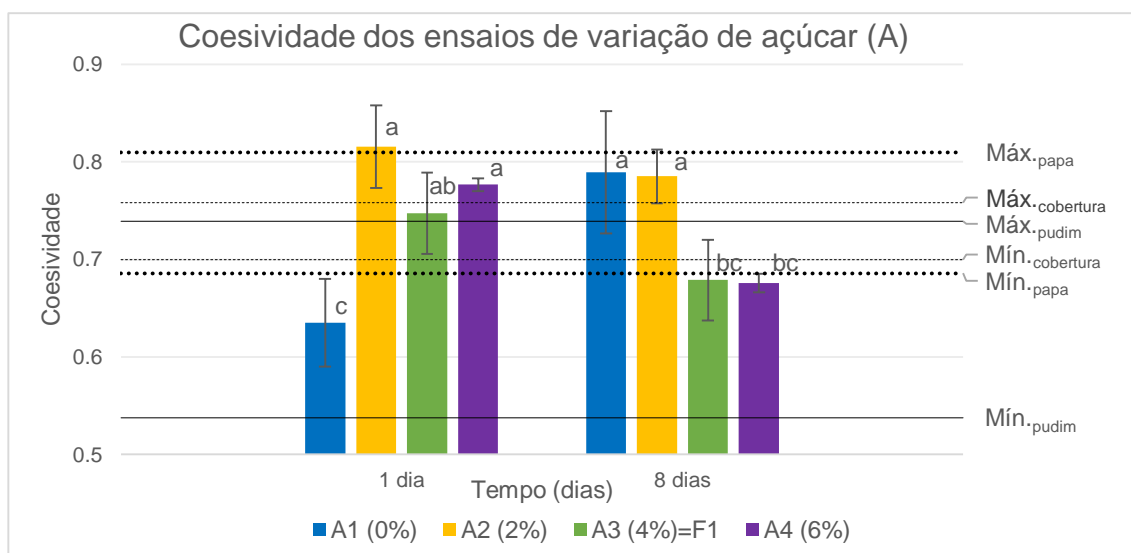


Figura 38 – Valores de coesividade dos ensaios à variação de açúcar (já com a farinha fixa nos 8%). As linhas indicam os valores mínimos e máximos de cada tipo de referência comercial (apenas os mais próximos dos valores das sobremesas desenvolvidas).

Em relação à coesividade, esta também é bastante variável, quer entre os diferentes ensaios, quer ao longo do tempo. No primeiro dia, observa-se que os ensaios com açúcar (A2, A3 e A4) não são significativamente diferentes entre eles, enquanto o ensaio sem açúcar (A1) é significativamente diferente. No oitavo dia, os ensaios A1 e A2 e os ensaios A3 e A4 não são significativamente diferentes. Os ensaios mais estáveis são o A2 e o A3, não variando significativamente ao longo do tempo, tal como na adesividade. Importa salientar que o ensaio menos estável foi o A1, que não tem açúcar, tendo sofrido um aumento significativo entre os dois dias ($\Delta A1 = +24\%$). Como tal, parece haver um efeito benéfico na estrutura com a adição de açúcar apenas até aos 4%, pois aos 6% já não é tão estável.

Os quatro ensaios correspondem aos valores de referência das referências comerciais.

Na Figura 39 estão representados graficamente os valores de elasticidade obtidos nos ensaios de variação de açúcar, bem como os diferentes intervalos das referências comerciais.

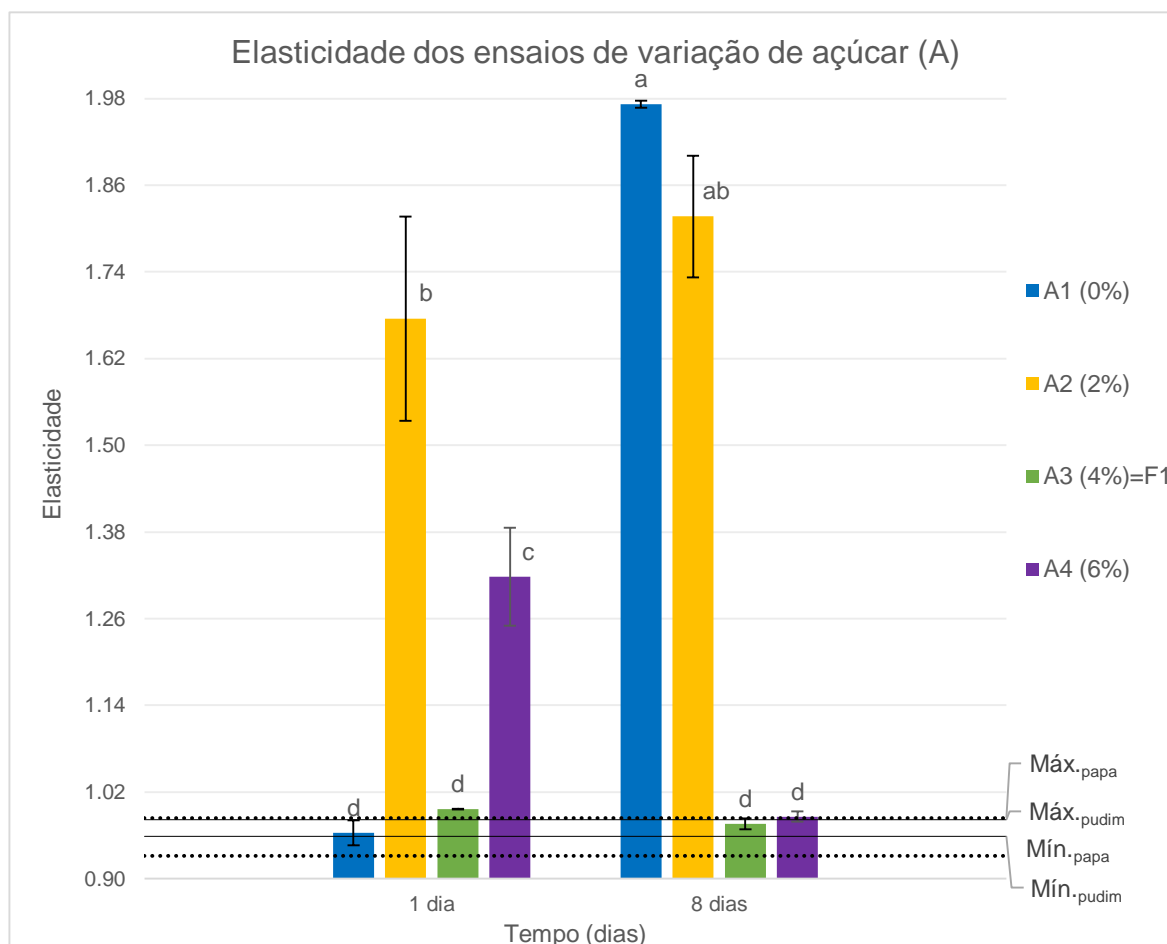


Figura 39 – Valores de elasticidade dos ensaios à variação de açúcar (já com a farinha fixa nos 8%). As linhas indicam os valores mínimos e máximos de cada tipo de referência comercial.

Em relação à elasticidade, esta também é bastante variável, tal como a adesividade e a coesividade, quer entre os diferentes ensaios, quer ao longo do tempo. No primeiro dia, observa-se que os ensaios A1 e A3 não são significativamente diferentes entre eles, enquanto os ensaios A2 e A4 são significativamente diferentes. No oitavo dia, os ensaios A1 e A2 e os ensaios A3 e A4, não são significativamente diferentes. Os ensaios mais estáveis são o A2 e o A3, não variando significativamente ao longo do tempo, tal como na adesividade e na coesividade. Tal como anteriormente, evidencia-se que o ensaio menos estável foi o A1, que não tem açúcar, tendo sofrido um aumento significativo entre os dois dias ($\Delta A1 = +105\%$). Desta forma, permanece a hipótese de maior estruturação com a adição de açúcar apenas até aos 4%, pois aos 6% já não é tão estável.

O ensaio A1 corresponde aos valores de referência dos três grupos de referências comerciais e o ensaio A3 corresponde ao grupo “papa” e ao grupo “pudim”.

No geral, a textura é bastante variável e evidenciou-se um melhoramento dos vários parâmetros com a adição de açúcar, pelo menos até aos 4% de sacarose. No entanto, os

principais componentes de textura (firmeza e adesividade) continuam a ser não satisfatórias. Estes resultados correspondem aos obtidos por Torres *et al.* (2014).

Após as avaliações de textura, realizaram-se as medições de cor, cujos resultados estão representados na Tabela 10.

Tabela 10 - Valores dos parâmetros L*, a* e b* (CIELAB) dos ensaios de variação de açúcar (A).

Parâmetros	Ensaio de variação açúcar (A)							
	<i>Ensaio A1</i>		<i>Ensaio A2</i>		<i>Ensaio A3=F1</i>		<i>Ensaio A4</i>	
	1º dia	8º dia	1º dia	8º dia	1º dia	8º dia	1º dia	8º dia
L*	80,40 ^a	78,57 ^{ab}	78,39 ^{ab}	77,65 ^{bc}	78,95 ^{ab}	78,34 ^{ab}	77,98 ^{abc}	75,44 ^c
a*	-3,29 ^a	-2,40 ^c	-2,41 ^c	-2,62 ^{bc}	-3,20 ^a	-3,20 ^a	-2,93 ^{ab}	2,54 ^{bc}
b*	18,40 ^b	23,80 ^c	25,81 ^a	23,16 ^b	17,54 ^{ab}	17,87 ^b	22,58 ^{ab}	25,79 ^a
ΔE	5,77		2,76		0,69		4,11	

Em relação à luminosidade dos ensaios de variação de açúcar, estes permaneceram estáveis ao longo do tempo, com um ligeiro decréscimo ($75,44 < L^* < 80,40$). Entre os diferentes ensaios, para cada dia, também não houve diferenças merecedoras de registo, exceto no caso do ensaio A4 que foi significativamente diferente dos restantes ao oitavo dia. Nota-se ainda numa ligeira tendência de redução da luminosidade com o aumento da concentração de sacarose.

Em relação à coordenada a* do sistema de cor CIELAB, esta varia significativamente entre o ensaio A2 e os restantes, no primeiro dia. No segundo dia, varia significativamente entre o ensaio A3 e os restantes. Pode ainda observar-se que os ensaios mais estáveis são os que têm adição de açúcar (A2, A3 e A4). Os valores obtidos ($-2,40 > a^* > -3,29$), situam-se perto de zero, mas inclinam ligeiramente para o verde.

Em relação à coordenada b* do sistema de cor CIELAB, esta varia significativamente entre o ensaio A2 e os ensaios A1 e A3, no primeiro dia. No segundo dia, varia significativamente entre o ensaio A3 e o ensaio A1 e A4. Pode ainda observar-se que os ensaios mais estáveis são os que têm adição de açúcar (A2, A3 e A4). Os valores obtidos ($17,54 < b^* < 25,81$) estão na gama dos amarelos, sendo esta a cor predominante.

A diferença total de cor apenas foi significativa nos ensaios sem açúcar (A1), cujos ultrapassam as cinco unidades de diferença (Castellar *et al.*, 2006). O ensaio A3 além de ter a menor diferença total de cor entre os dois dias, também se manteve estável ao longo do tempo.

No geral, os parâmetros da cor mantêm-se estáveis ao longo do tempo nos ensaios com adição de açúcar, sugerindo que este tem um efeito bastante benéfico nesse aspecto. Através da diferença total de cor, concluiu-se que o ensaio A3 é o que menos varia com o tempo.

Após a análise de todos os parâmetros, optou-se pela formulação de 4% de sacarose (A3), pois foi a que obteve o menor valor de sinerese em ambos os dias (em pé de igualdade com outras), e em todos os parâmetros de textura manteve-se estável e obteve a menor variação de cor.

3.7 Estudo da substituição do açúcar por outros edulcorantes

Após determinada a concentração de sacarose mais adequada, seguiu-se o estudo da sua substituição, total e parcial, por outros edulcorantes, de modo a manter o mesmo poder edulcorante. As diferentes formulações estão descritas na Tabela 11, de acordo com o ensaio.

Tabela 11 - Formulações para o estudo da substituição do açúcar nas sobremesas.

Formulações dos ensaios de substituição do açúcar (A)		
<i>Compostos</i>	<i>Ensaio E1 (%)</i>	<i>Ensaio E2 (%)</i>
Água	85,98	82,9
Farinha (fixo)	8	8
Ananás (fixo)	5	5
Glicosídeos de esteviol	0,01	0
Xilitol	0	4,1
Sacarose	1,01	0

Não se substituiu totalmente a sacarose no ensaio E1 pois, como visto anteriormente, o limite legal de utilização dos glicosídeos de esteviol é de 100 mg/kg de produto (0,01%).

Os diferentes ensaios da variação de açúcar foram sujeitos a testes reológicos, mais precisamente a testes de varrimento de temperatura, de tempo (maturação) e de frequência. Após 1 e 8 dias, foi determinada a sua sinerese, textura e cor.

Os testes reológicos (Anexo VII) permitiram analisar a formação do gel, determinar o tempo de maturação e analisar o seu espectro mecânico. Destes obtiveram-se as seguintes informações:

- Varrimento de temperatura (arrefecimento, 60-5°C): aos 60°C os ensaios já tinham estrutura de gel;
- Varrimento de tempo (maturação): a maturação dos géis demora menos de 2 h, logo a maturação já ocorreu antes dos testes ao primeiro dia;
- Varrimento de frequência: os géis são fracos, observa-se pouca diferença entre os diferentes módulos.

Na Figura 40 está a representação dos valores de sinerese obtidos nos ensaios de variação de açúcar e nos da formulação com o teor de açúcar otimizado (A3).

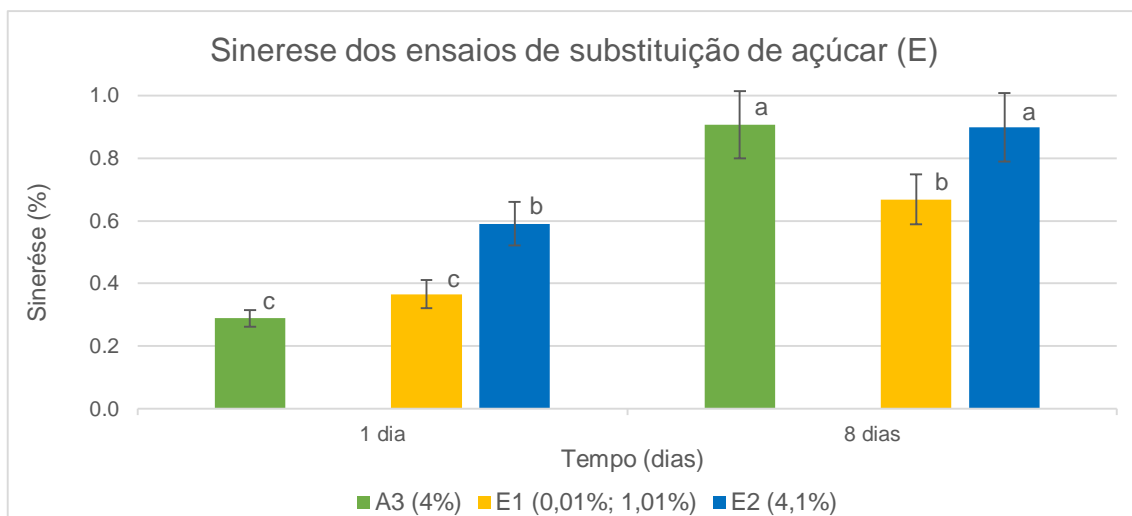


Figura 40 - Valores de sinerese dos ensaios de substituição de açúcar (E), em comparação com o de sacarose (A3).

A sinerese dos ensaios de substituição de açúcar foi significativamente diferente entre os edulcorantes e entre os dois dias. Comparando com a formulação anteriormente selecionada de sacarose (4% m/m), ambos os edulcorantes tiveram mais sinerese no primeiro dia. Ao oitavo dia, os ensaios E1 e E2 já apresentavam valores de sinerese inferiores ao A3, contudo, estes variaram significativamente entre os dois dias. Apesar dessa variação significativa, os ensaios de substituição de açúcar, apresentaram menores diferenças comparativamente ao ensaio da formulação escolhida de sacarose ($\Delta A3=+214\%$; $\Delta E1=+82\%$; $\Delta E2=+52\%$).

Na Figura 41 está representado graficamente os valores de firmeza obtidos nos ensaios de substituição de açúcar, em comparação com o ensaio A3, bem como os diferentes intervalos das referências comerciais.

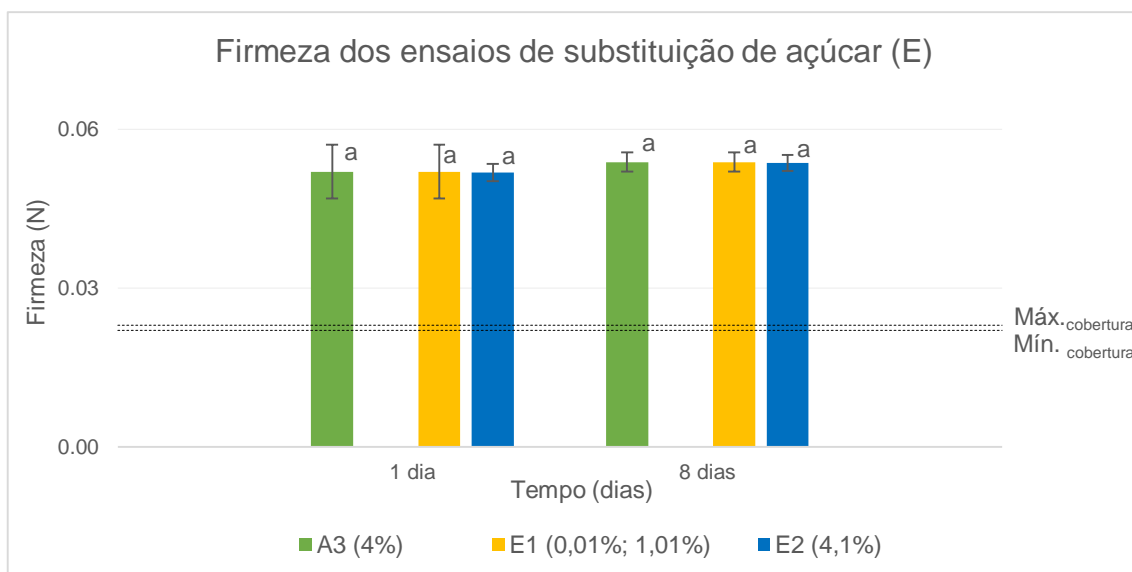


Figura 41 - Valores de firmeza dos ensaios de substituição de açúcar (E). As linhas a tracejado indicam os valores mínimos e máximos de cada tipo de referência comercial (apenas os mais próximos dos valores das sobremesas desenvolvidas).

A firmeza, tal como no ensaio da sacarose (A3), não varia entre as diferentes concentrações de edulcorantes, nem entre os dois dias estudados. Portanto, as concentrações utilizadas de edulcorantes para a substituição da sacarose, não provocaram perda, ou ganho, de firmeza e mantiveram-se estáveis ao longo do tempo. Estes resultados estão de acordo com um estudo anteriormente realizado por Torres *et al.* (2014), apenas para baixas concentrações de edulcorantes.

Nenhum dos ensaios estudados, para a substituição de açúcar, está dentro dos intervalos dos grupos de referências comerciais.

Na Figura 42 está representado graficamente os valores de adesividade obtidos nos ensaios de substituição de açúcar, em comparação com o ensaio A3, bem como os diferentes intervalos das referências comerciais.

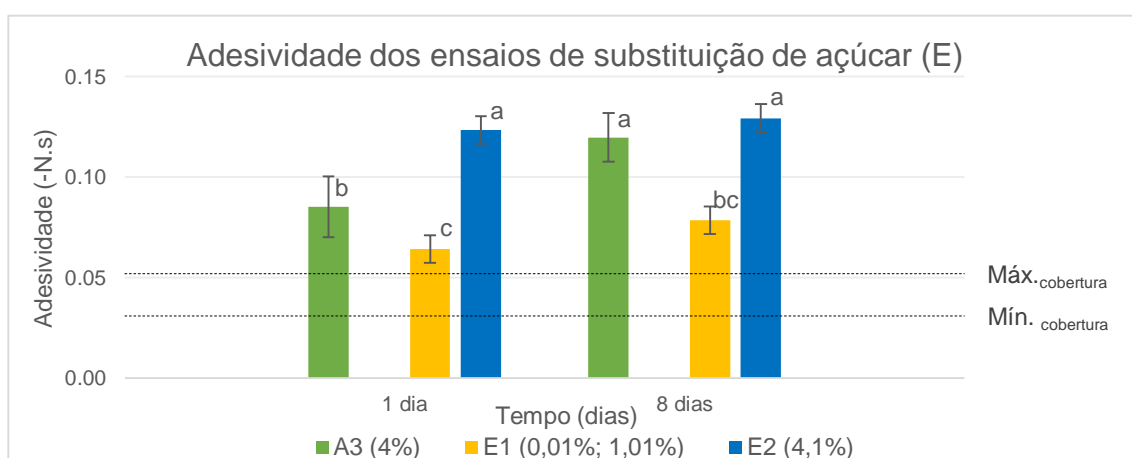


Figura 42 - Representações gráficas dos valores de adesividade dos ensaios de substituição de açúcar (E). As linhas a tracejado indicam os valores mínimos e máximos de cada tipo de referência comercial (apenas os mais próximos dos valores das sobremesas desenvolvidas).

Relativamente à adesividade, esta já teve alterações significativas com a substituição do açúcar. No primeiro dia nenhum dos ensaios foi semelhante, sendo que o ensaio que continha glicosídeos de esteviol e sacarose foi o que obteve um valor mais baixo de adesividade, enquanto o ensaio do xilitol sem sacarose obteve o valor mais elevado. Ao oitavo dia, o ensaio E1 foi significativamente diferente dos outros. Em relação à estabilidade, observa-se que os ensaios de substituição de sacarose foram os que se mantiveram mais estáveis, não sendo significativamente diferentes ao longo do tempo estudado ($\Delta A3=+40\%$; $\Delta E1=+22\%$; $\Delta E2=+5\%$).

Apenas o ensaio E1, no primeiro dia, pertence a um dos intervalos das referências comerciais (“cobertura”).

Na Figura 43 está representado graficamente os valores de coesividade obtidos nos ensaios de substituição de açúcar, em comparação com o ensaio A3, bem como os diferentes intervalos das referências comerciais.

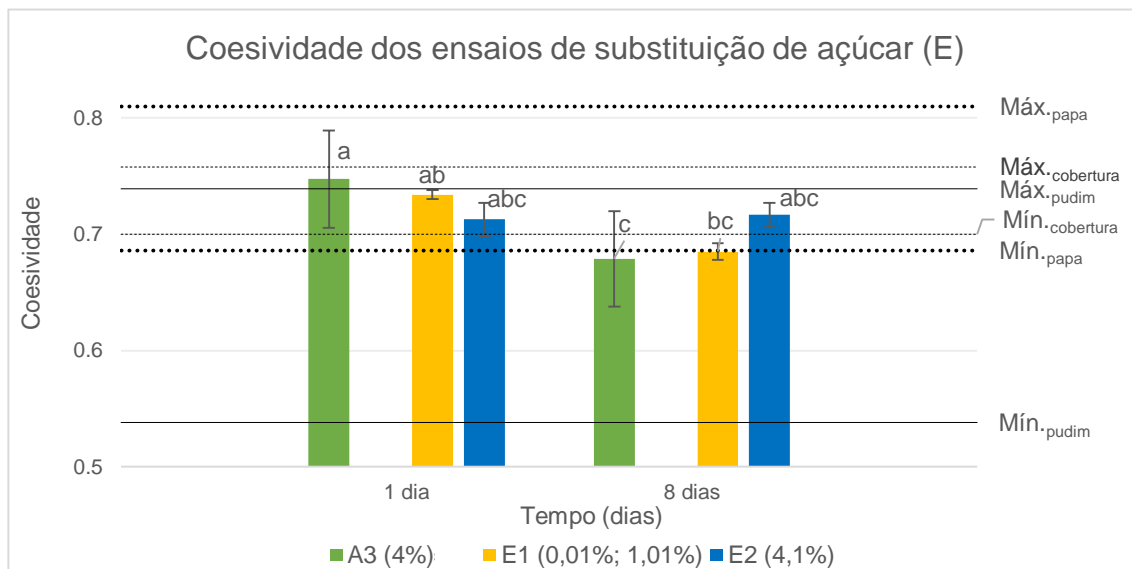


Figura 43 - Valores de coesividade dos ensaios de substituição de açúcar (E). As linhas a tracejado indicam os valores mínimos e máximos de cada tipo de referência comercial (apenas os mais próximos dos valores das sobremesas desenvolvidas).

A coesividade não é significativamente diferente entre os diferentes ensaios (A3, E1 e E2). Entre os dois dias, apenas o ensaio da sacarose (A3) varia significativamente, sugerindo assim um efeito benéfico na estabilização com a substituição da sacarose por outros edulcorantes.

Em termos de coesividade, todas as formulações desenvolvidas apresentam valores no intervalo das referências comerciais, podendo adequar-se a qualquer uma das aplicações (“papa”, “pudim” ou “cobertura”).

Na Figura 44 está representado graficamente os valores de elasticidade obtidos nos ensaios de substituição de açúcar, em comparação com o ensaio A3, bem como os diferentes intervalos das referências comerciais

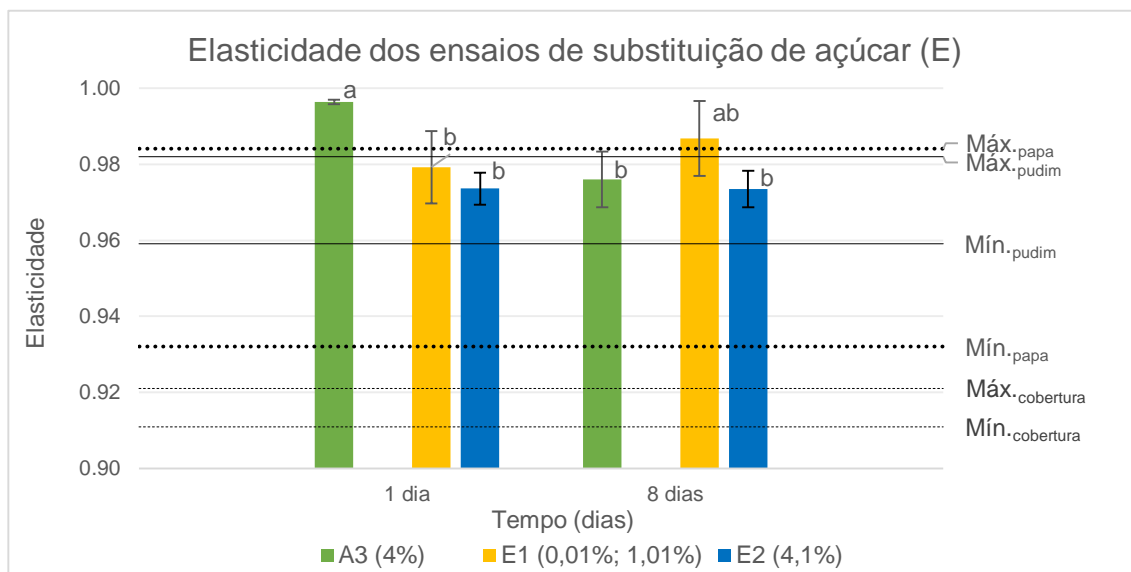


Figura 44 - Valores de elasticidade dos ensaios de substituição de açúcar (E). As linhas a tracejado indicam os valores mínimos e máximos de cada tipo de referência comercial (apenas os mais próximos dos valores das sobremesas desenvolvidas).

Em relação à elasticidade, no primeiro dia, não varia significativamente entre os ensaios de substituição de açúcar (A1 e A2) mas varia entre os mesmos e o da sacarose (A3). Ao oitavo dia, não se verificaram diferenças significativas entre nenhum ensaio. Entre ambos os dias, não se verificou diferenças significativas nos ensaios de substituição de açúcar, mas sim no de sacarose. Portanto, tal como em relação à coesividade, este parâmetro revela-se mais estável com a substituição, total ou parcial, da sacarose por outros edulcorantes.

Todos os ensaios pertencem ao intervalo do grupo “pudim” e do grupo “papa”. Nenhum ensaio pertence ao intervalo do grupo “cobertura” das referências comerciais estudadas.

No geral, a textura permanece bastante estável e evidenciou-se um melhoramento dos vários parâmetros com a substituição, total ou parcial, de açúcar. No entanto, as principais componentes da textura (firmeza e adesividade) continuam a ser não satisfatórias de acordo com os vários intervalos das referências comerciais

Após as avaliações de textura, realizaram-se as medições de cor, cujos resultados estão representados na Tabela 12.

Tabela 12 - Valores dos parâmetros L*, a* e b* (CIELAB) dos ensaios de substituição de açúcar (E).

Parâmetros	Ensaio de substituição de açúcar (E)					
	<i>Ensaio E1</i>		<i>Ensaio E2</i>		<i>Ensaio A3=F1</i>	
	1º dia	8º dia	1º dia	8º dia	1º dia	8º dia
L*	77,23 ^a	75,50 ^a	76,62 ^a	74,53 ^a	78,95 ^a	78,34 ^a
a*	-3,74 ^a	-3,58 ^{ab}	-2,67 ^c	-2,57 ^c	-3,20 ^b	-3,20 ^b
b*	19,48 ^a	19,55 ^a	17,89 ^a	17,94 ^a	17,54 ^a	17,87 ^a
ΔE	1,75		2,09		0,69	

Em relação à luminosidade dos ensaios de substituição de açúcar, estes permaneceram estáveis ao longo do tempo, e não foram significativamente diferentes. Com a substituição de sacarose observou-se, no primeiro dia, um ligeiro aumento da luminosidade, porém, no oitavo dia a luminosidade diminuiu, sugerindo uma menor estabilidade da luminosidade com a diminuição da sacarose.

Em relação à coordenada a* do sistema de cor CIELAB, esta varia significativamente entre os ensaios, no primeiro dia. No segundo dia, varia significativamente entre os ensaios de substituição de açúcar (E1 e E2) enquanto não é significativamente diferente entre o ensaio com sacarose e glicosídeos de esteviol e o ensaio com sacarose. (E1 e A3). Todos os ensaios se mantêm estáveis com o tempo.

Em relação à coordenada b* do sistema de cor CIELAB, esta não varia significativamente, quer entre os ensaios, quer com o tempo. Os valores obtidos ($17,54 < b^* < 19,55$) estão na gama dos amarelos.

As variações da diferença total de cor, são insignificantes na cor geral das sobremesas, pois não ultrapassam as cinco unidades e, segundo Castellar *et al.* (2006), o humano não consegue detetar as diferenças.

No geral, tal como nos ensaios de variação de açúcar, os parâmetros da cor mantêm-se estáveis ao longo do tempo. Através da diferença total de cor, concluiu-se que o ensaio A3 é o que menos varia com o tempo.

Após a análise de todos os parâmetros, concluiu-se que ambas as formulações de substituição de açúcar mantiveram-se estáveis em todos os parâmetros de textura e de cor, tendo variado um pouco a sinerese com o tempo. Contudo, a formulação que continha sacarose e glicosídeos de esteviol obteve o menor valor de sinerese.

No geral, ambas tiveram um impacto positivo e, como tal, a formulação E1 poderia ser utilizada para a substituição parcial de sacarose, enquanto a formulação E2 poderia ser utilizada para uma substituição total.

3.8 Estudo dos sistemas modelo (hidrocolóides)

Apesar de se ter estudado várias concentrações de diferentes ingredientes nas sobremesas, não se conseguiu obter um resultado satisfatório em relação aos valores de referência dos vários parâmetros das referências comerciais. Como tal, decidiu-se estudar o efeito da adição de hidrocolóides a um sistema modelo, para que pudesse não só ser aplicado a estas sobremesas em específico, como servir de guia de aplicação a todos os sistemas que contenham farinha de arroz carolino. As diferentes formulações estão descritas na Tabela 13.

Tabela 13 - Formulações para o estudo da incorporação de hidrocolóides em sistemas modelo. X- ensaios de xantana; C – ensaios de k-carragenato; G – ensaio de gelatina.

Formulações dos ensaios ao estudo de hidrocolóides					
<i>Compostos</i>	<i>Ensaio X1, C1 e G1 (%)</i>	<i>Ensaio X2, C2 e G2 (%)</i>	<i>Ensaio X3, C3 e G3 (%)</i>	<i>Ensaio X4, C4 e G4 (%)</i>	<i>Ensaio X5, C5 e G5 (%)</i>
Água (fixo)	10	10	10	10	10
Farinha	10	9,75	9,5	9	8,5
Hidrocolóide	0	0,25	0,5	1	1,5

Os diferentes ensaios de estudo dos sistemas modelo foram sujeitos a testes reológicos, mais precisamente a testes de varrimento de temperatura, de tempo (maturação), de frequência e, no caso da xantana, ensaios de viscosidade, após 1 e 8 dias. Foi também determinada a sua sinerese, textura e cor.

Os testes reológicos (Anexo VIII, IX e X) permitiram analisar a formação do gel, determinar o tempo de maturação e analisar o seu espectro mecânico. Destes obtiveram-se as seguintes informações:

- Varrimento de temperatura (arrefecimento, 90-5°C): aos 90°C, para os ensaios de xantana e de gelatina, e aos 67°C, para os ensaios de k-carragenato, as soluções já tinham estrutura de gel;
- Varrimento de tempo (maturação): a maturação dos géis demora menos de 12 h logo a maturação já ocorreu antes dos testes ao primeiro dia;
- Varrimento de frequência: os géis de xantana e de k-carragenato são fracos, porém, os de k-carragenato têm módulos mais elevados. Os géis de gelatina são fortes, havendo mais de uma década de distância entre os dois módulos.

A nível reológico, foram também realizadas as curvas de viscosidade dos ensaios de estudo dos sistemas modelo com xantana, que estão representadas na Figura 45.

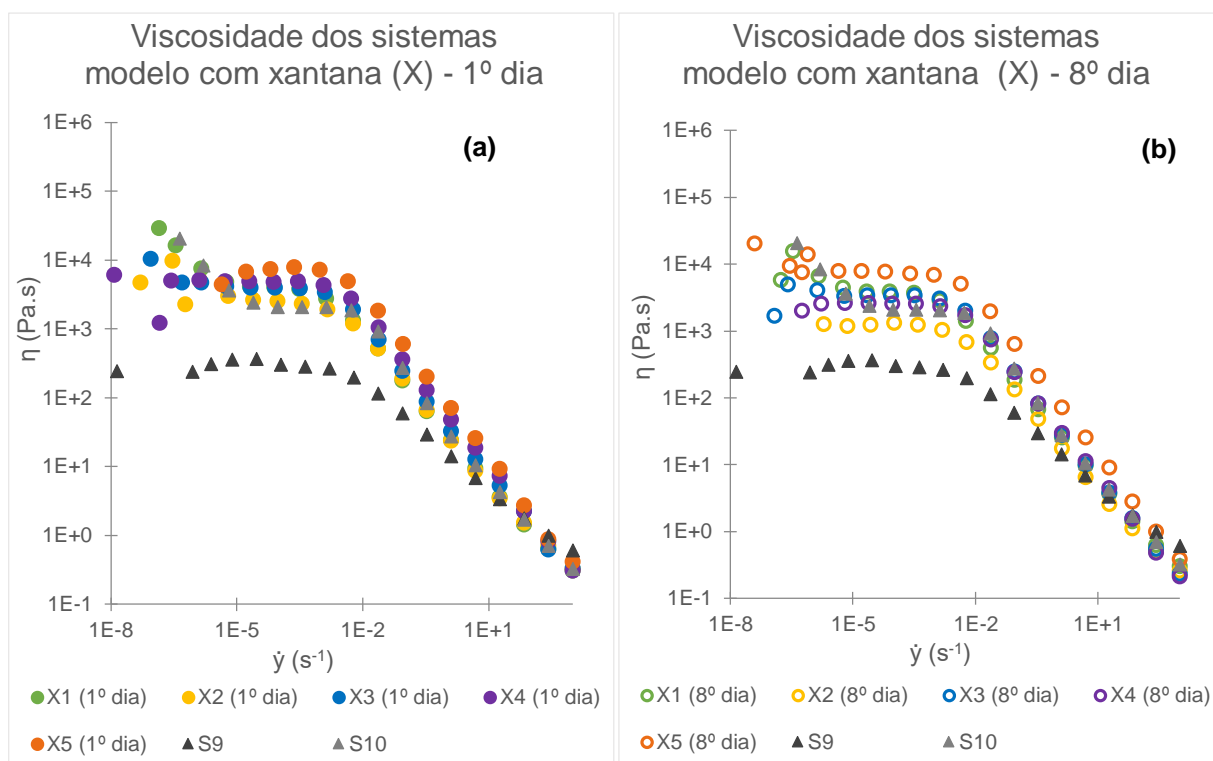


Figura 45 - Curvas de viscosidade, a 5°C, dos ensaios de estudo dos sistemas modelo com xantana (X), no 1º dia (a) e no 8º dia (b), em comparação com os valores das referências comerciais.

Analisando a curva de viscosidade dos sistemas modelo com xantana, verifica-se que estes comportam-se como fluidos reofluidificantes, diminuindo a viscosidade com o aumento da taxa de deformação.

A taxas de deformação baixas, há um ligeiro aumento da viscosidade, pois o desemaranhamento dos polímeros ocorre mais lentamente que a formação de novos emaranhamento (Stevens, 2010). Taxas de deformação superiores a $1 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ provocam uma diminuição abrupta da viscosidade.

No primeiro dia, observa-se que a viscosidade aparente diminui, no primeiro patamar Newtoniano, com a adição de xantana até 0,25% (X2), e que aumenta com concentrações acima de 0,5% (X4 e X5). Durante a fase de comportamento não-Newtoniano (rampa de diminuição da viscosidade), só concentrações superiores a 0,25% produzem alterações, aumentando a viscosidade, em relação ao ensaio sem xantana (X1).

Ao oitavo dia, a viscosidade diminui nos ensaios X2 e X4 e mantém-se constantes nos restantes.

Comparativamente aos valores das referências comerciais do tipo “cobertura”, observa-se que a melhor correspondência é a formulação X2, pois está entre os dois valores de referência para, praticamente, todas as taxas de deformação.

A melhor concentração de xantana, relativamente à viscosidade aparente, é a de 0,25% (X2), tendo sido a única a estar entre os valores das referências comerciais para ambos os dias.

Nas Figuras 46, 47 e 48 está a representação dos valores de sinerese obtidos nos ensaios de estudo dos sistemas modelo.

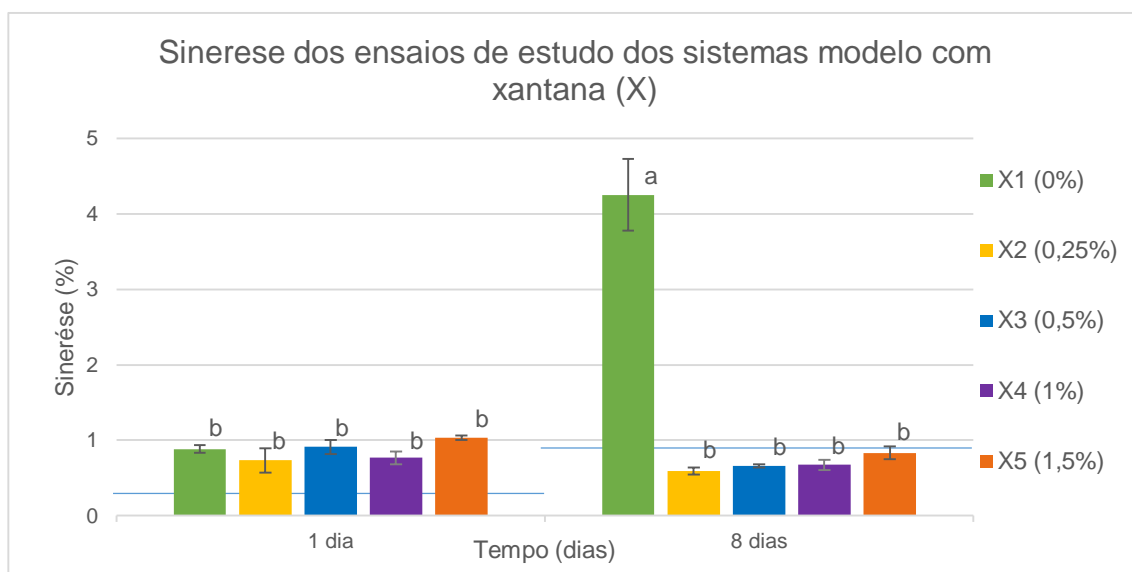


Figura 46 – Valores de sinerese dos ensaios de estudo dos sistemas modelo com xantana (X), em comparação com a formulação A3 (—).

A formulação com goma xantana apresenta valores de sinerese superiores aos da formulação A3 (escolhida anteriormente) ao fim de um dia, não sendo significativamente diferentes entre as formulações. Contudo, ao fim de oito dias, todas as formulações com xantana diminuíram o valor de sinerese, ficando abaixo do valor da formulação A3 para o mesmo tempo. O aumento brutal da sinerese na formulação sem xantana dos sistemas modelo ($\Delta X1=+381\%$), corrobora com a comparação anterior, enfatizando o efeito que a xantana tem neste parâmetro. Este efeito corresponde a estudos realizados anteriormente, nos quais foi também observada a diminuição da sinerese com a adição de xantana aos géis (Braga & Cunha, 2005; Arocas *et al.*, 2009; Norton *et al.*, 2010).

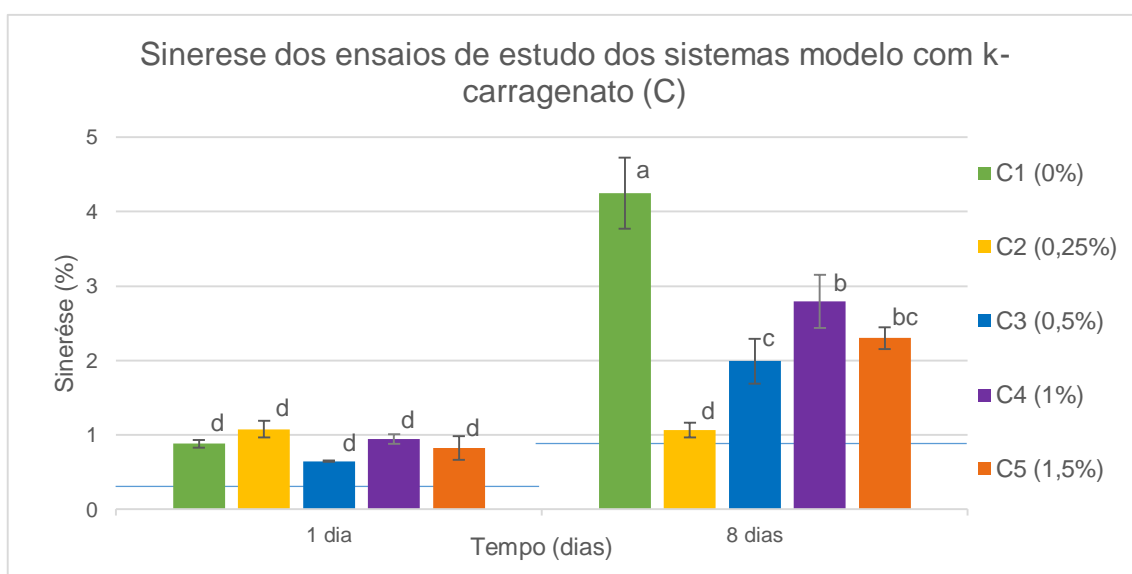


Figura 47 - Valores de sinerese dos ensaios de estudo dos sistemas modelo com k-carragenato (C), em comparação com a formulação A3 (—).

A sinerese do gel de k-carragenato, tal como da xantana, não tem variações significativas entre as diferentes concentrações no primeiro dia. Porém, ao oitavo dia, apenas o ensaio de menor concentração de k-carragenato (C2) se manteve praticamente igual, enquanto os outros variaram bastante, em especial o ensaio sem k-carragenato ($\Delta C1=+381\%$; $\Delta C2=-1,31$; $\Delta C3=+207\%$; $\Delta C4=+196\%$; $\Delta C5=180\%$). Estes resultados diferem dos obtidos por Lin *et al.* (2016), que observou a diminuição da sinerese com o aumento de concentração de carragenato, mas correspondem aos ensaios obtidos por Ako (2015), nos quais o valor máximo de sinerese foi obtido em géis que não eram fortes nem fracos, mas sim nos que tinham uma firmeza intermédia.

Comparativamente ao ensaio A3, estes resultados são significativamente mais elevados, exceto para a concentração do ensaio C2.

Com base nestes resultados pode-se concluir que o k-carragenato tem um efeito benéfico nos sistemas modelo, principalmente se aplicado até concentrações de 0,25% (C2).

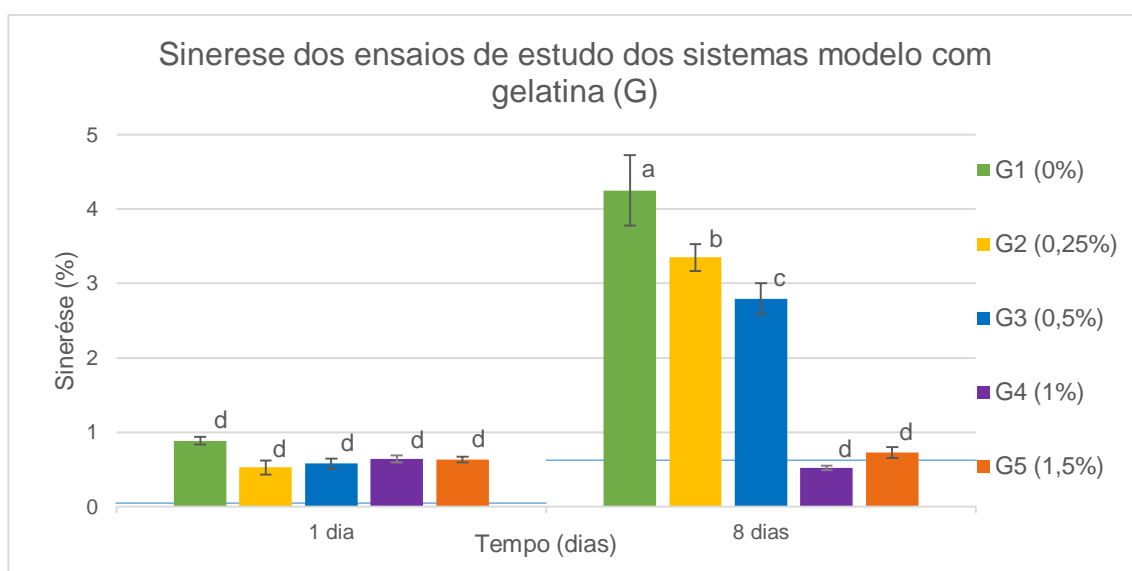


Figura 48 – Valores de sinerese dos ensaios de estudo dos sistemas modelo com gelatina (G), em comparação com a formulação A3 (-).

No caso da gelatina, tal como nos outros hidrocolóides, os valores de sinerese, no primeiro dia, não diferem significativamente entre as diferentes concentrações. Contudo, ao oitavo dia já ocorrem alterações significativas nas concentrações mais baixas, ou nulas, de gelatina (G1, G2 e G3). Observa-se, portanto, uma tendência de diminuição da sinerese com o aumento de concentração de gelatina, atingido um estado estável a concentrações de 1 e 1,5% (G4 e G5). Estes resultados coincidem com os de Schilling *et al.* (2003) que observou a redução de água libertada, com a adição de gelatina.

Os resultados, ao oitavo dia, são inferiores aos do ensaio A3, demonstrando um efeito muito benéfico não só em relação ao sistema modelo sem hidrocolóides, como em relação à formulação da sobremesa escolhida anteriormente.

Em relação à sinerese, os hidrocolóides têm efeitos bastante benéficos, diminuindo significativamente o valor desta em relação aos sistemas modelo. Comparativamente à formulação de sobremesa escolhida, estes obtiveram valores inferiores, apenas ao oitavo dia, para todos os ensaios de xantana e para os ensaios de gelatina a 1 e 1,5%. O ensaio C2, também teve um valor reduzido de sinerese, não existindo diferenças significativas para o do A3.

Nas Figuras 49, 50 e 51 está representado graficamente os valores de firmeza obtidos nos ensaios dos sistemas modelo em comparação com os diferentes intervalos das referências comerciais.

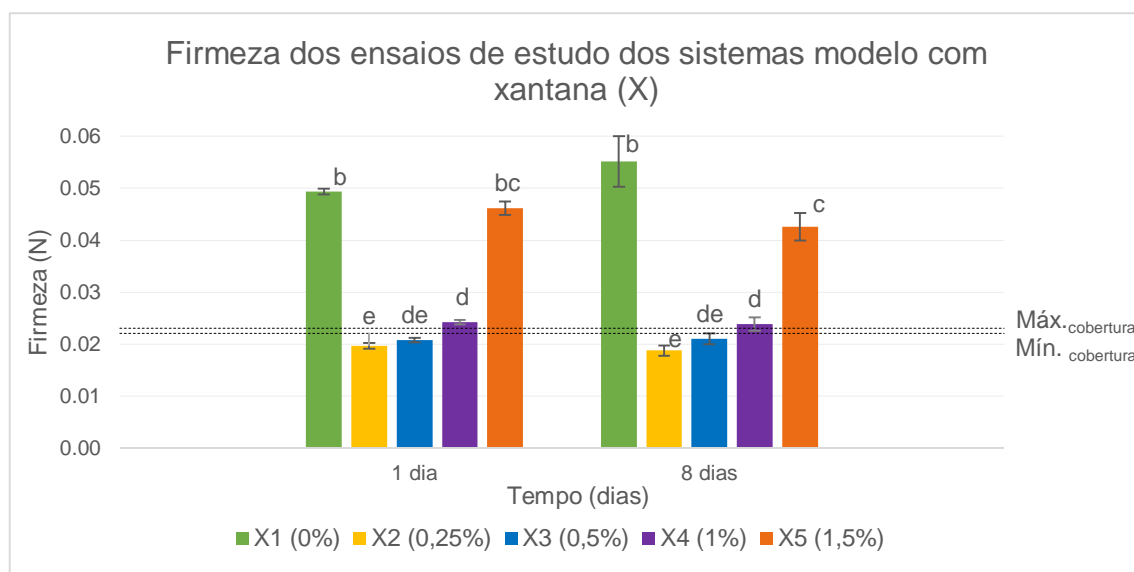


Figura 49 - Valores de firmeza dos ensaios de estudo dos sistemas modelo com xantana (X). As linhas a tracejado indicam os valores mínimos e máximos de cada tipo de referência comercial (apenas os mais próximos dos valores das sobremesas desenvolvidas).

A adição de xantana aos sistemas modelo provocou, até à concentração de 1%, uma redução significativa da firmeza, contribuindo para a aproximação aos valores das referências comerciais do grupo “cobertura”. Concentrações de 1,5% registam valores de firmeza semelhantes aos da solução sem xantana, ficando bastante distante dos intervalos comerciais. Todos os sistemas mantiveram-se estáveis ao longo do tempo, sendo que não existiram diferenças significativas ($p > 0,05$) na firmeza das formulações após 8 dias.

Apesar de, em relação ao ensaio sem hidrocolóides, os ensaios de xantana terem ficado abaixo da sua firmeza, estes aumentaram de firmeza com o aumento da concentração de xantana, tal como nos resultados obtidos por Cai *et al.* (2016) ao adicionar xantana a produtos sem glúten.

As concentrações de 0,25%, 0,5% e 1% pertencem ao intervalo do grupo “cobertura”.

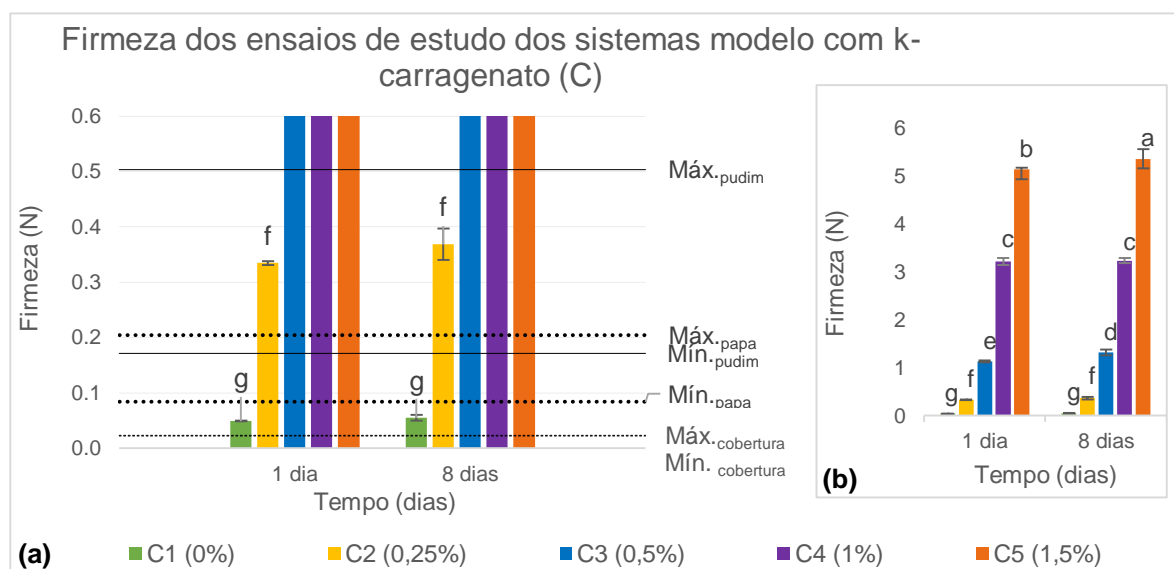


Figura 50 - Valores de firmeza dos ensaios de estudo dos sistemas modelo com k-carragenato (C). As linhas a tracejado indicam os valores mínimos e máximos de cada tipo de referência comercial (apenas os mais próximos dos valores das sobremesas desenvolvidas).

(a) escala igual à dos outros gráficos de firmeza; **(b)** escala maior para observação da variação da firmeza em todos ensaios.

Tal como no estudo realizado por Lin *et al.* (2016), os sistemas modelo evidenciaram um aumento de firmeza ao longo do tempo e com a adição de k-carragenato, aumentando em mais de 5 N na solução com maior concentração de hidrocolóide.

Apenas a primeira concentração de hidrocolóide (C2) aproxima-se dos intervalos comerciais, estando dentro do grupo “pudim” e não sendo significativamente diferente do grupo “papa”.

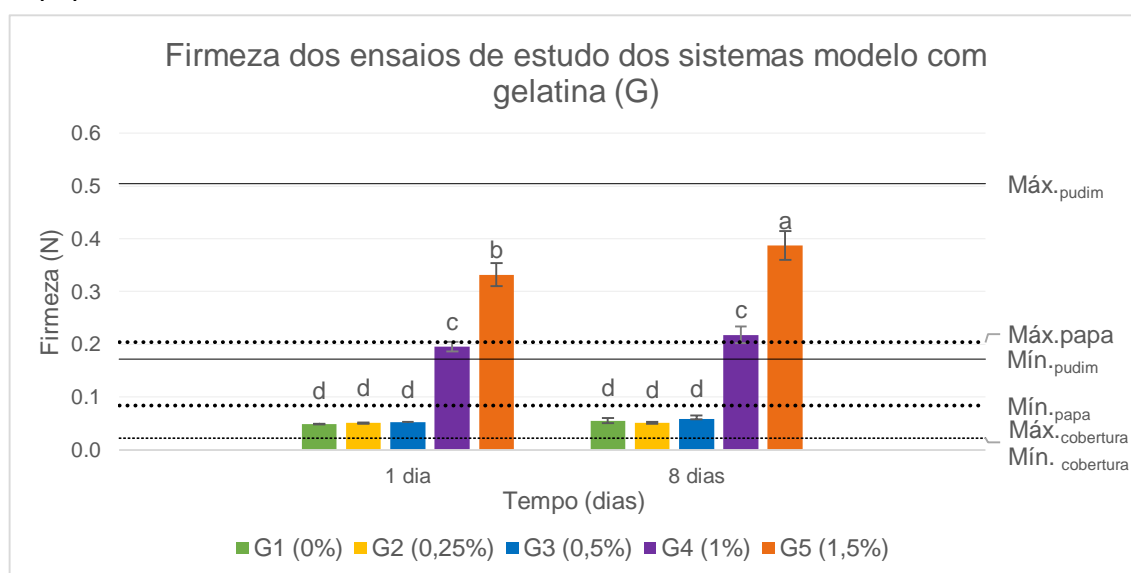


Figura 51 - Valores de firmeza dos ensaios de estudo dos sistemas modelo com gelatina (G). As linhas a tracejado indicam os valores mínimos e máximos de cada tipo de referência comercial (apenas os mais próximos dos valores das sobremesas desenvolvidas).

Relativamente à gelatina (Figura 51), esta aumenta significativamente a firmeza quando utilizada em concentrações de 1% e de 1,5%, exibindo uma relação de aumento com o aumento de concentração, tal como foi observado por Biswal *et al.* (2016), em hidrogéis de

gelatina. As soluções mostraram-se estáveis ao longo do tempo, exceto a de maior concentração de gelatina, que variou com o tempo, tal como nas soluções de k-carragenato.

As soluções de gelatina inserem-se nos três grupos de sobremesas em ambos os dias, nomeadamente, as soluções G2, G3 e G4 no grupo “papa”, as soluções G4 e G5 no grupo “pudim” e as soluções G2 e G3 no grupo “cobertura”.

Nas Figuras 52, 53 e 54 está representado os valores de adesividade obtidos nos ensaios dos sistemas modelo em comparação com os diferentes intervalos das referências comerciais.

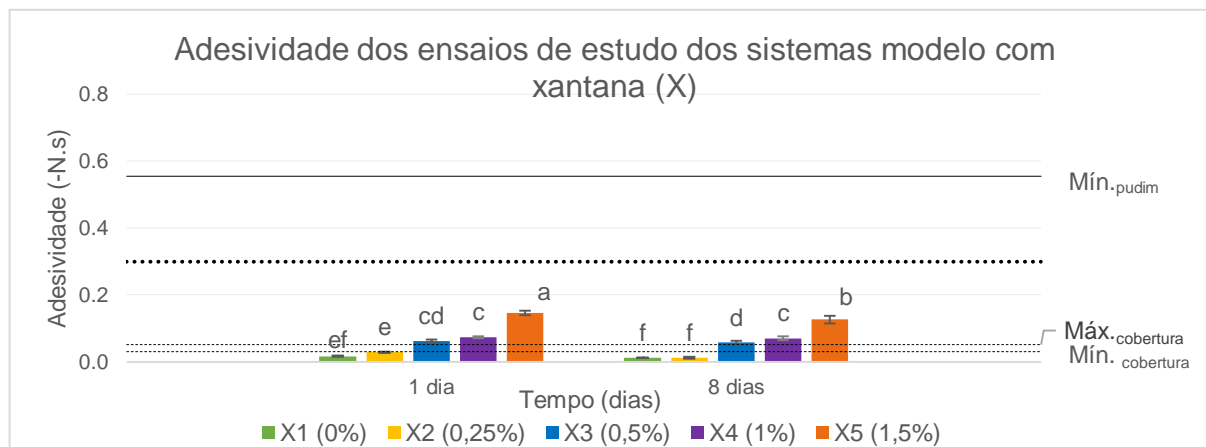


Figura 52 - Valores de adesividade dos ensaios de estudo dos sistemas modelo com xantana (X). As linhas a tracejado indicam os valores mínimos e máximos de cada tipo de referência comercial (apenas os mais próximos dos valores das sobremesas desenvolvidas).

A Figura 52 permite analisar a adesividade dos ensaios de estudo dos sistemas modelo com xantana, através dos quais pode-se observar o aumento da adesividade com a variação de xantana. Este aumento, em relação à solução sem xantana (X1), apenas é significativo a partir da concentração de 0,5%. Observa-se também a tendência de diminuição da adesividade com o tempo para todas as soluções.

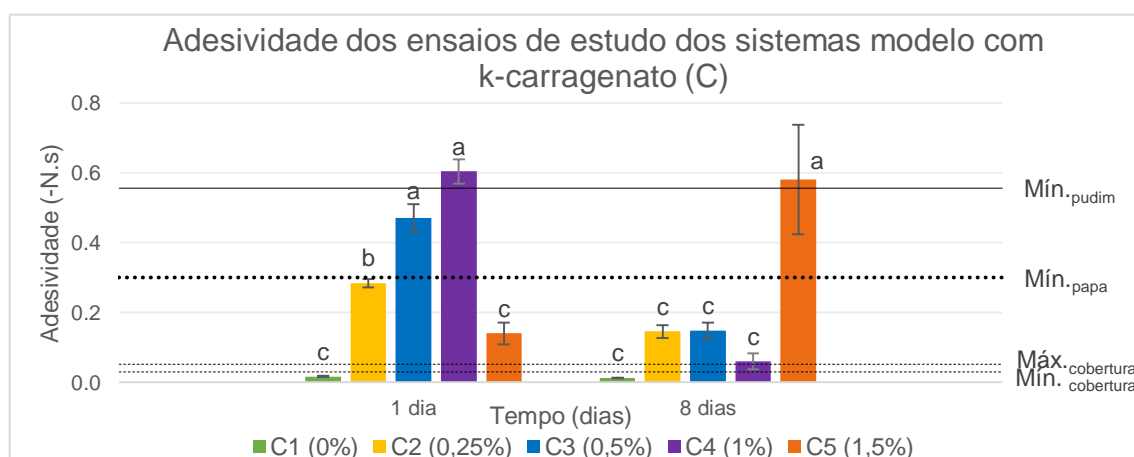


Figura 53 - Valores de adesividade dos ensaios de estudo dos sistemas modelo com k-carragenato (C). As linhas a tracejado indicam os valores mínimos e máximos de cada tipo de referência comercial (apenas os mais próximos dos valores das sobremesas desenvolvidas).

As soluções de xantana, em relação à adesividade e, tal como na firmeza, apenas pertencem ao intervalo do grupo das referências comerciais tipo “cobertura”. Os ensaios que pertencem ao intervalo são o X2 e o X3, em ambos os dias, e o X4 apenas no oitavo dia.

A adesividade do k-carragenato em sistemas modelo, representado na figura 53, aumenta em relação à solução sem k-carragenato (C1) até atingir um limite na concentração de 1% (C4), após o qual a adesividade diminui devido, provavelmente, a uma destabilização da estrutura.

Ao oitavo dia, apenas o valor da adesividade da solução C1 não varia significativamente. Os restantes ensaios diminuem de adesividade, para valores semelhantes a C1, exceto o ensaio C5 que sobe abruptamente ($\Delta C5=+314\%$).

Algumas soluções com carragenato pertencem aos intervalos dos três tipos de referências comerciais. No grupo “papa”, em ambos os dias, só pertencem as soluções C2 e C3, enquanto as soluções C4 e C5 só pertencem num dos dias. No grupo “pudim” inserem-se as sobremesas C3, C4 e C5, em apenas um dos dias. Por fim, no grupo “cobertura” pertencem as soluções C2 e C3 em ambos os dias, e a solução C4 em apenas um dos dias.

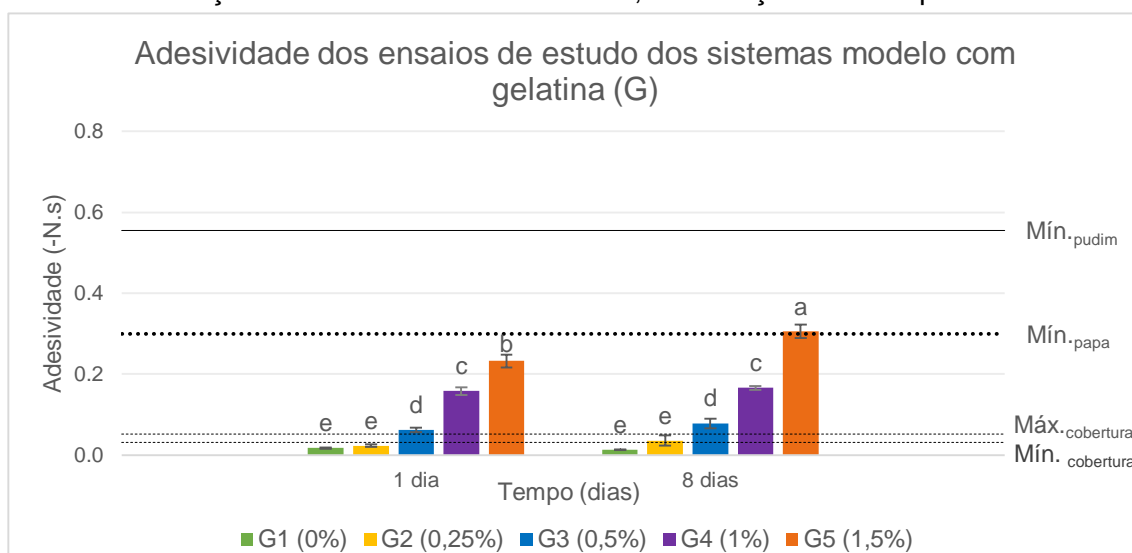


Figura 54 - Valores de adesividade dos ensaios de estudo dos sistemas modelo com gelatina (G). As linhas a tracejado indicam os valores mínimos e máximos de cada tipo de referência comercial (apenas os mais próximos dos valores das sobremesas desenvolvidas).

A adesividade das soluções com gelatina, representadas na Figura 54, aumenta com o aumento da concentração de gelatina, sendo que para níveis de 0,25% de gelatina as diferenças não são significativas em comparação com o ensaio sem gelatina (G1). Todos os ensaios, exceto o de concentração mais elevada de gelatina (G5), mantiveram-se estáveis entre os dois dias estudados.

Em relação à adesividade das referências comerciais, estes ensaios apenas inserem-se no grupo “cobertura” e no grupo “papa”, os ensaios G2 e G3 e o ensaio G5 (8º dia).

Nas Figuras 55, 56 e 57 está representado os valores de coesividade obtidos nos ensaios dos sistemas modelo em comparação com os diferentes intervalos das referências comerciais.

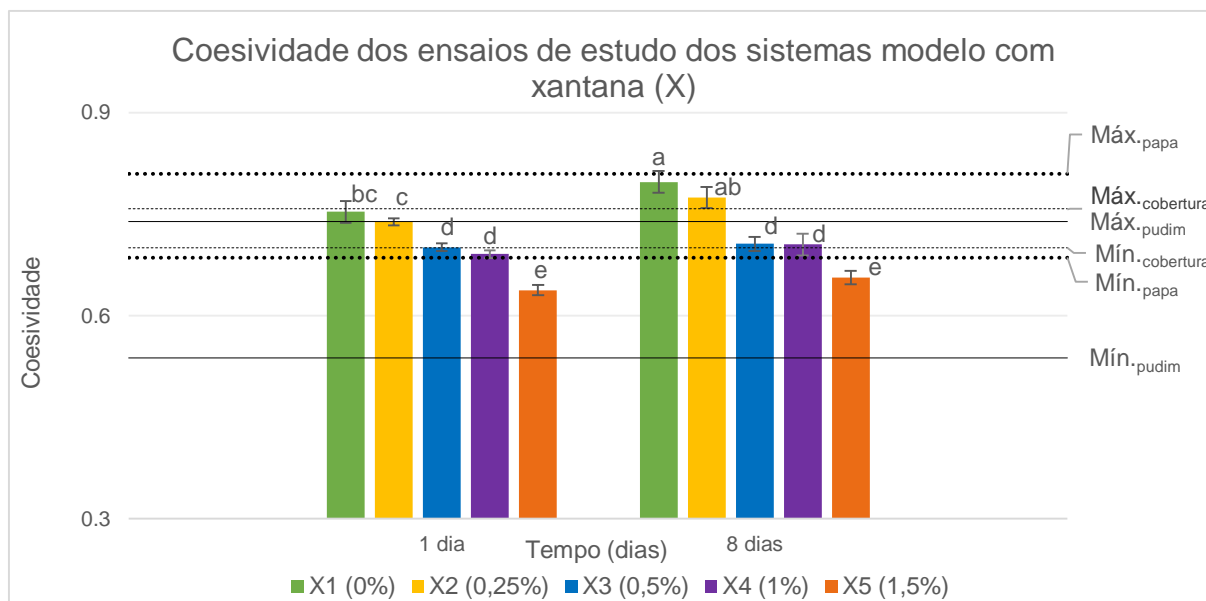


Figura 55 - Valores de coesividade dos ensaios de estudo dos sistemas modelo com xantana (X). As linhas a tracejado indicam os valores mínimos e máximos de cada tipo de referência comercial (apenas os mais próximos dos valores das sobremesas desenvolvidas).

Relativamente à coesividade das soluções de xantana, esta diminui com o aumento de concentração de xantana e aumenta com o tempo. As soluções de concentrações mais elevadas de xantana (X3, X4 e X5) mantiveram-se estáveis com o tempo, enquanto as outras não (X1 e X2), demonstrando um efeito estabilizador dos sistemas modelo, por parte da xantana.

Destas soluções, os ensaios X2, X3 e X4 pertencem aos três tipos de sobremesas em ambos os dias, enquanto os ensaios X1 e X5 só pertencem a um dos dias.

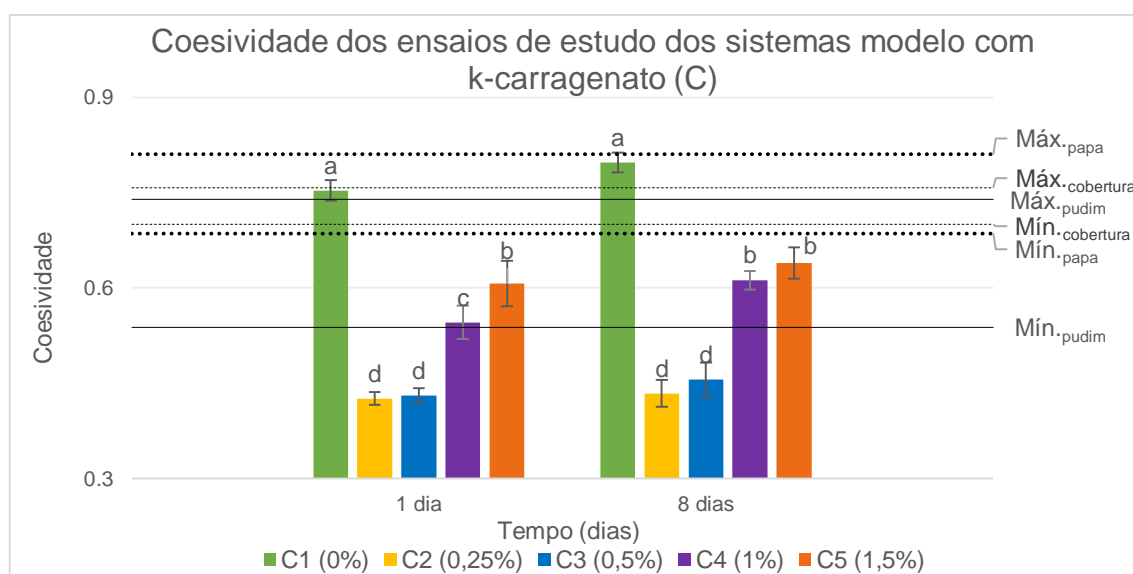


Figura 56 - Valores de coesividade dos ensaios de estudo dos sistemas modelo com k-carragenato (C). As linhas a tracejado indicam os valores mínimos e máximos de cada tipo de referência comercial (apenas os mais próximos dos valores das sobremesas desenvolvidas).

A coesividade dos sistemas modelo, representada na Figura 56, apresenta uma expressiva diminuição com a adição de k-carragenato ao sistema (C1 para C2), após a qual, vai aumentando com o aumento da concentração do hidrocolóide no sistema. Todas as soluções, exceto a C4 apresentaram grande estabilidade ao longo do tempo estudado.

Analizando os valores, conclui-se que os ensaios C1 e C5 inserem-se no grupo “papa”, em ambos os dias, enquanto o C4 insere-se apenas no oitavo dia. Em relação ao grupo “pudim”, os ensaios que se inserem em ambos os dias são o C4 e C5, sendo que o C1 e C3 também se inserem, mas em apenas um dia. No grupo “cobertura” apenas insere-se o ensaio C1, em ambos os dias.

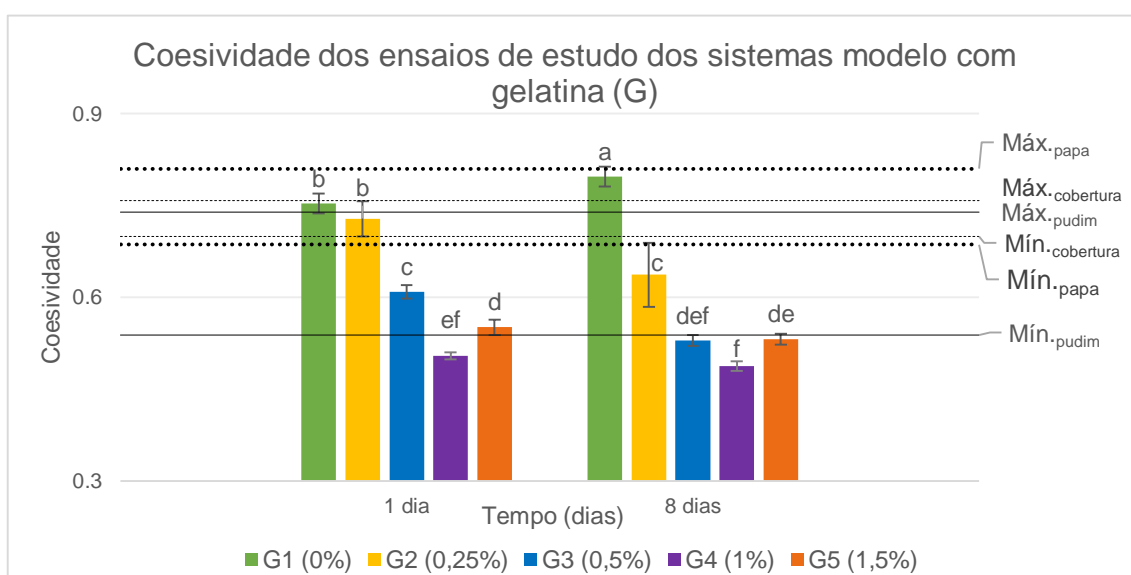


Figura 57 - Valores de coesividade dos ensaios de estudo dos sistemas modelo com gelatina (G). As linhas a tracejado indicam os valores mínimos e máximos de cada tipo de referência comercial (apenas os mais próximos dos valores das sobremesas desenvolvidas).

A coesividade das soluções com gelatina, tem um efeito semelhantes às de xantana, na medida que provocam uma diminuição da coesividade, apesar de, na concentração mais elevada de gelatina, tal já não se verificar (aumenta). No primeiro dia, o ensaio de concentração de 0,25% de gelatina (G2) não é significativamente diferente do sem gelatina (G1), enquanto os outros já o são. No oitavo dia, os ensaios G1 e G2 já são significativamente diferentes, enquanto os ensaios G3 e G4 não o são. Na última concentração, em ambos os dias, verifica-se um aumento de coesividade, face às concentrações anteriores.

Os valores destes ensaios inserem-se nos três grupos de referências comerciais, de acordo com o ensaio. Os ensaios G1 e G2 pertencem ao intervalo das referências comerciais do grupo “papa”, em ambos os dias, e o ensaio G3 pertence apenas num dos dias. No grupo “pudim” estão inseridos todos os ensaios, em ambos os dias, exceto o G1 que só está num dos dias. Em relação ao grupo “cobertura”, neste estão os ensaios G1 e G2 em ambos os dias.

Nas Figuras 58, 59 e 60 está representado graficamente os valores de elasticidade obtidos nos ensaios dos sistemas modelo em comparação com os diferentes intervalos das referências comerciais.

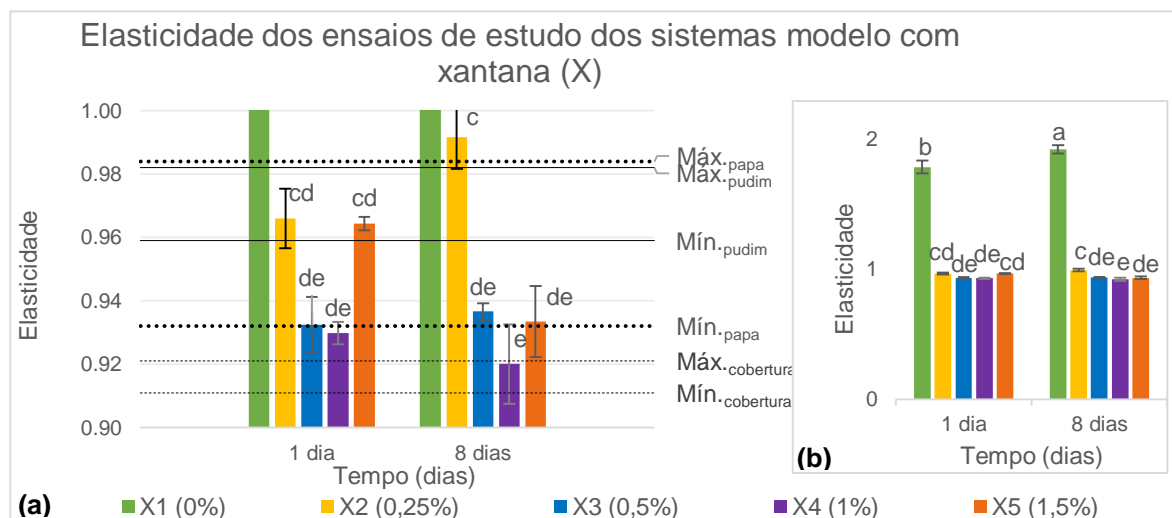


Figura 58 – Valores de elasticidade dos ensaios de estudo dos sistemas modelo com xantana (X). As linhas a tracejado indicam os valores mínimos e máximos de cada tipo de referência comercial (apenas os mais próximos dos valores das sobremesas desenvolvidas).

(a) escala igual à dos outros gráficos de elasticidade; **(b)** escala maior para observação da variação da elasticidade em todos ensaios.

Na Figura 58b, observar-se que a elasticidade dos ensaios com xantana aumenta significativamente em relação ao ensaio sem hidrocolóide. Entre os ensaios com xantana não existem diferenças significativas no primeiro dia. Ao oitavo dia, o ensaio X2 difere dos restantes, porém não existem diferenças significativas com o tempo, sugerindo e reforçando a suspeita de que a xantana tem um efeito estabilizador nestes sistemas, tal como visto noutros parâmetros. Relativamente aos intervalos de referências comerciais (Figura 58a), todos os ensaios, à exceção do que não tem xantana (X1), inserem-se nos três grupos estudados, em ambos os dias.

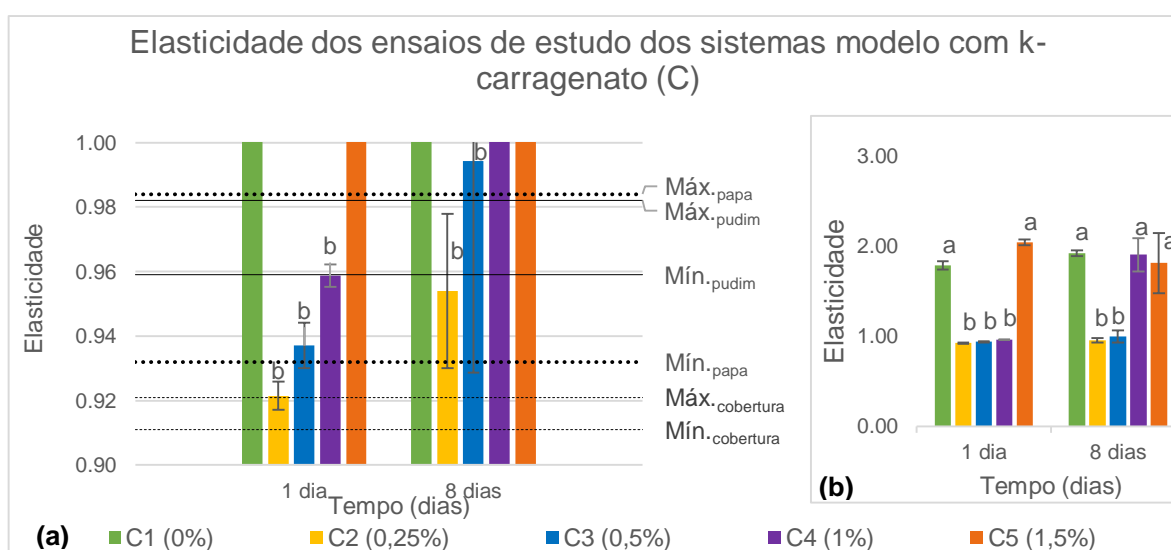


Figura 59 - Valores de elasticidade dos ensaios de estudo dos sistemas modelo com k-carragenato (C). As linhas a tracejado indicam os valores mínimos e máximos de cada tipo de referência comercial (apenas os mais próximos dos valores das sobremesas desenvolvidas).

(a) escala igual à dos outros gráficos de elasticidade; **(b)** escala maior para observação da variação da elasticidade em todos ensaios.

Em relação à elasticidade dos sistemas modelo com adição de k-carragenato (Figura 59b), esta diminui com a incorporação de carragenato no sistema, exceto em relação ao ensaio de maior concentração, que não é significativamente diferente do C1. Os sistemas são bastante estáveis, ao longo do tempo, a concentrações baixas de carragenato (C2 e C3) e a concentrações acima de 1% (C5).

Os ensaios C2 e C3 pertencem a todos os intervalos de referências comerciais estudadas, bem como o C4, apesar deste último só pertencer no oitavo dia (Figura 59a).

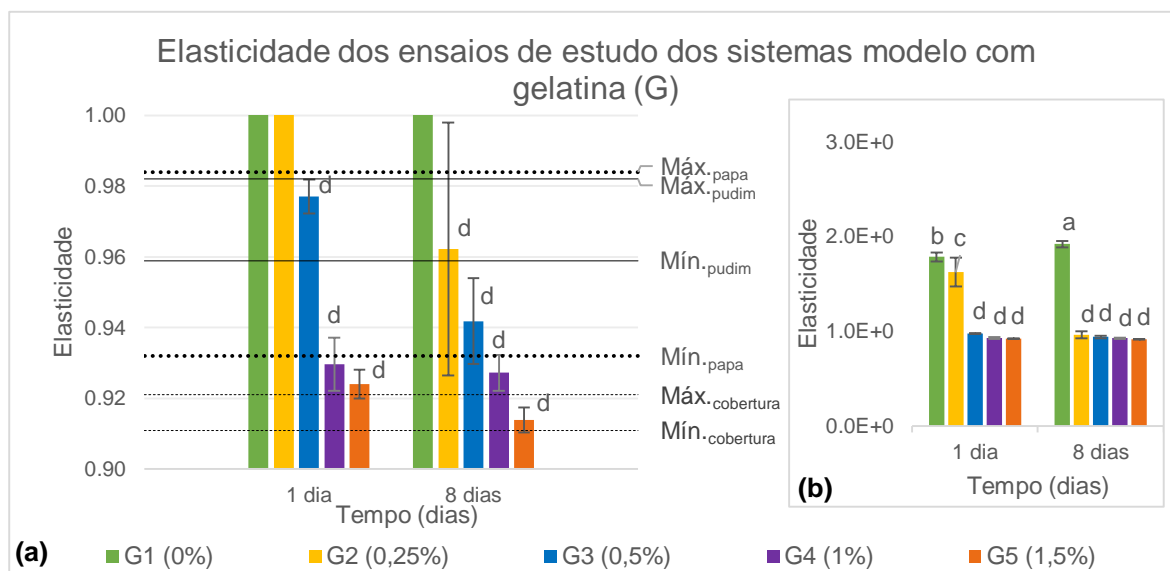


Figura 60 - Valores de elasticidade dos ensaios de estudo dos sistemas modelo com gelatina (G). As linhas a tracejado indicam os valores mínimos e máximos de cada tipo de referência comercial (apenas os mais próximos dos valores das sobremesas desenvolvidas).

(a) escala igual à dos outros gráficos de elasticidade; **(b)** escala maior para observação da variação da elasticidade em todos ensaios.

Os ensaios dos sistemas com adição de gelatina (Figura 60b) demonstraram reduzir significativamente, exceto no ensaio de 0,25% (G2) do primeiro dia, os valores de elasticidade com o aumento da concentração utilizada de gelatina. Os três ensaios de maiores concentrações de gelatina obtiveram a maior estabilidade ao longo do tempo.

Na Figura 60a, consegue-se comparar os diversos valores de elasticidade dos sistemas modelo com os intervalos de referências comerciais, concluindo que os ensaios G3, G4 e G5 pertencem aos três grupos de sobremesas estudadas, em ambos os dias, enquanto o ensaio G2 só pertence no oitavo dia.

No geral, os hidrocolóides melhoraram as propriedades de textura dos sistemas, conseguindo elevá-las ao nível das referências comerciais, e deram mais estabilidade aos mesmos, consoante a concentração.

A xantana foi o hidrocolóide mais adequado para o tipo de sobremesas “cobertura”, correspondendo aos usos enumerados por Katzbauer (1997), principalmente os ensaios X2 e X3 (0,25% e 0,5%), que corresponderam a todos parâmetros dos intervalos das sobremesas.

O k-carragenato foi o hidrocolóide mais adequado para o tipo de sobremesas “papa”, correspondendo aos usos avançados por Prajapati *et al.* (2014), principalmente o ensaio C2 (0,25%), que correspondeu os parâmetros firmeza, adesividade e elasticidade aos intervalos das sobremesas.

A gelatina foi o hidrocolóide mais adequado para o tipo de sobremesas “pudim”, tal como referenciado por Karim & Bhat (2008), principalmente os ensaios G4 e G5 (1% e 1,5%), que corresponderam os parâmetros firmeza, coesividade e elasticidade aos intervalos das sobremesas.

Após as avaliações de textura, realizaram-se as medições de cor, cujos resultados estão representados Tabela 14.

Tabela 14 - Valores dos parâmetros L*, a* e b* (CIELAB) dos ensaios de estudo dos sistemas modelo.

Ensaios de estudo dos sistemas modelo							
Parâmetros	L*		a*		b*		ΔE
	1º dia	8º dia	1º dia	8º dia	1º dia	8º dia	
Ensaio X1=C1=G1	83,21 ^a	82,46 ^a	-1,26 ^a	-1,25 ^a	2,35 ^{def}	2,18 ^{efg}	0,77
Ensaio X2	82,59 ^a	82,78 ^a	-1,23 ^a	-1,24 ^a	4,69 ^a	4,09 ^{ab}	0,63
Ensaio X3	85,56 ^a	84,18 ^a	-1,19 ^a	-1,22 ^a	1,25 ^{gh}	3,13 ^{cd}	2,33
Ensaio X4	86,22 ^a	83,12 ^a	-1,23 ^a	-1,19 ^a	1,23 ^h	2,57 ^{de}	3,38
Ensaio X5	84,81 ^a	83,94 ^a	-1,25 ^a	-1,19 ^a	1,41 ^{fgh}	3,56 ^{bc}	2,32
Ensaio C1=X1=G1	83,21 ^x	82,46 ^x	-1,26 ^x	-1,25 ^x	2,35 ^x	2,18 ^x	0,77
Ensaio C2	85,21 ^x	83,45 ^x	-1,31 ^x	-1,34 ^x	3,79 ^x	2,72 ^x	2,07
Ensaio C3	73,23 ^{yz}	75,25 ^y	-1,28 ^x	-1,36 ^x	-1,28 ^y	-1,18 ^y	2,02
Ensaio C4	59,01 ^w	74,59 ^{yz}	-1,11 ^y	-1,35 ^x	-0,82 ^y	-0,52 ^y	15,59
Ensaio C5	70,66 ^z	73,23 ^{yz}	-1,32 ^x	-1,30 ^x	-0,99 ^y	-0,64 ^y	2,59
Ensaio G1=X1=C1	83,21 ⁱ	82,46 ⁱ	-1,26 ^k	-1,25 ^k	2,35 ^l	2,18 ^l	0,77
Ensaio G2	86,05 ⁱ	83,43 ⁱ	-1,29 ^{jk}	-1,36 ^{ijk}	3,59 ^k	1,96 ^l	3,08
Ensaio G3	82,31 ⁱ	85,45 ⁱ	-1,35 ^{ij}	-1,38 ^{ij}	4,53 ^{ijk}	3,64 ^{jk}	3,26
Ensaio G4	86,30 ⁱ	86,63 ⁱ	-1,40 ⁱ	-1,42 ⁱ	4,84 ⁱ	4,31 ^{ijk}	0,64
Ensaio G5	87,40 ⁱ	87,07 ⁱ	-1,45 ⁱ	-1,46 ⁱ	4,81 ^{ij}	4,44 ^{ijk}	0,49

Em relação à luminosidade dos ensaios de estudo dos sistemas modelo, estes permaneceram estáveis ao longo do tempo, e não foram significativamente diferentes, nos ensaios de xantana e de gelatina. No entanto, pode-se observar um ligeiro aumento da

luminosidade nos ensaios com gelatina, uma tendência que já era expectável devido às propriedades da mesma. Em relação aos ensaios de k-carragenato, estes foram significativamente menos estáveis apenas na concentração de C4 (1%), e significativamente diferentes entre as concentrações mais baixas, ou nulas, de k-carragenato (C1 e C2) e as restantes, e entre as C3 e C5 e a C4, mas apenas no primeiro dia. Observa-se também a tendência de diminuição da luminosidade com o aumento de k-carragenato na solução.

Em relação à coordenada a^* do sistema de cor CIELAB, esta não varia significativamente, quer entre os ensaios, quer ao longo do tempo, para os ensaios de xantana (X) e de k-carragenato (exceto no C4, tal como relativamente à luminosidade). As soluções de gelatina permanecem estáveis com o tempo e registam uma diminuição deste parâmetro com o aumento da sua concentração, sendo o que atinge valores mais baixos.

O parâmetro b^* do sistema de cor CIELAB, varia significativamente entre os ensaios de menor, ou nula, concentração de xantana (X1 e X2). Os restantes ensaios não variam entre si no primeiro dia, mas sim ao oitavo dia, mais especificamente os ensaios X4 e X5. Relativamente aos ensaios de carragenato, estes permanecem constantes ao longo do tempo e variam entre os grupos de concentração nula ou reduzida (C1 e C2) e os restantes. Tal como na xantana, com a adição de k-carragenato, a baixas concentrações, há um aumento deste parâmetro, contudo, a concentrações superiores, diminui. Nas soluções com gelatina verifica-se uma tendência de aumento deste parâmetro, com o aumento da concentração de gelatina, atingindo um limite a concentrações superiores. Todos ensaios, exceto o G2, foram estáveis ao longo do tempo.

Os valores obtidos para os ensaios de xantana e de gelatina, estão na gama dos amarelos, enquanto para a gelatina, estão na gama dos azuis.

Os sistemas modelo nem sempre se mantiveram estáveis em relação aos parâmetros de cor. A gelatina aumentou todos os parâmetros de cor, apesar de nem sempre ser significativamente, enquanto a xantana e o k-carragenato, no geral, mantiveram ou diminuíram os mesmos. Através da diferença total de cor, concluiu-se que os ensaios menos variáveis, com adição de hidrocolóides, são o X2 (0,25% de xantana), C2 (0,25% de k-carragenato), C3 (0,5% de k-carragenato), G4 (1% de gelatina) e G5 (1,5% de gelatina). Apenas a diferença total de cor do ensaio C4 (1% de k-carragenato) é detetável pelo humano, ultrapassando largamente as cinco unidades (Castellar *et al.*, 2006). Este valor é muito superior aos restantes, pelo que se pode tratar de algum erro experimental, no entanto não foi alvo de repetição porque as características pretendidas para a sobremesa desenvolvida correspondiam às obtidas com uma concentração de k-carragenato mais baixa (C2).

Após a análise de todos os parâmetros, obteve-se a tabela 15, na qual estão os ensaios com melhores resultados em relação às referências comerciais, tendo-se obtido o melhor ensaio para cada referência.

Tabela 15 – Melhores resultados dos ensaios de estudo dos sistemas modelo, de acordo com os valores dos parâmetros das referências comerciais.

Melhores ensaios de acordo com o parâmetro			
	<i>Xantana</i>	<i>K-carragenato</i>	<i>Gelatina</i>
Sinerese	X1, <u>X2</u> , X3, X4 e X5	<u>C2</u>	<u>G4</u> e G5
Textura	<u>X2</u> e X3	<u>C2</u>	<u>G4</u> e G5
Cor	<u>X2</u>	<u>C2</u> e C3	<u>G4</u> e G5
Viscosidade	<u>X2</u>	-	-
Concentração escolhida (referência comercial)	X2 (cobertura)	C2 (papa)	G4 (pudim)

Em relação à **xantana**, todos os ensaios obtiveram valores semelhantes de sinérese, ficando mesmo abaixo do ensaio A3 no oitavo dia. Os ensaios X2 e X3 (0,25% e 0,5%) corresponderam todos os parâmetros de textura com os intervalos das referências comerciais tipo “cobertura”, sendo que o X2 teve a menor diferença total de cor. Foi também o ensaio X2 o único a estar entre os valores de viscosidade aparente das referências comerciais em ambos os dias. Como tal, o ensaio **X2** foi o mais adequado para ser utilizado em sobremesas tipo “cobertura”.

Relativamente ao **k-carragenato**, concluiu-se que todos os ensaios eram semelhantes em termos de sinérese ao primeiro dia, contudo, ao oitavo dia, apenas o ensaio C2 foi semelhante ao ensaio A3, sendo o que obteve o menor valor. Em relação à textura, o ensaio C2 (0,25%) foi o que correspondeu melhor os parâmetros aos intervalos das sobremesas “papa” e na cor, foram os ensaios C2 e C3 que tiveram a menor diferença total de cor. Como tal, o ensaio **C2** foi o mais adequado para ser utilizado em sobremesas tipo “papa”.

Relativamente à **gelatina**, concluiu-se que todos os ensaios eram semelhantes em termos de sinérese ao primeiro dia, contudo, ao oitavo dia, apenas os ensaios G4 e G5 mantiveram-se estáveis e inferiores ao ensaio A3. Os ensaios G4 e G5 (1% e 1,5%) foram os que melhor corresponderam os parâmetros de textura aos intervalos das referências “pudim” e os que obtiveram menor diferença total de cor. Como tal, sabendo que a sinérese do G4 foi ligeiramente inferior ao G5, e que se pretende utilizar o mínimo de hidrocolóide possível, considera-se o ensaio **G4** o mais adequado para ser utilizado em sobremesas tipo “pudim”.

4. CONCLUSÕES

Neste trabalho estudou-se o desenvolvimento de sobremesas gelificadas, utilizando um subproduto da indústria arrozeira, a trinca de arroz carolino na forma de farinha, e outros ingredientes comuns às sobremesas.

Após o estudo das referências comerciais, que funcionaram como referência, efetuou-se o estudo do IAA e do IS da farinha utilizada, e concluiu-se que era a 90°C que a mesma tinha maiores valores de IAA e IS, tendo-se optado por essa temperatura.

Determinada a temperatura que permite a maior solubilização, procedeu-se ao estudo da concentração mínima necessária de farinha de arroz carolino para gelificar uma solução aquosa e da formulação base das sobremesas, tendo-se escolhido como ingredientes: açúcar, ananás desidratado e farinha de arroz.

Posteriormente, estudou-se o efeito das variações de alguns dos componentes separadamente (farinha e açúcar), tendo-se concluído que a concentração de farinha que melhor se adequava era a de 8% (m/m) por ter um sabor menos marcado. Seleccionada a concentração de farinha a utilizar, concluiu-se que a concentração de açúcar mais adequada, sensorial e texturalmente, seria a de 4%. No entanto, valorizando o aumento da consciencialização do consumidor em relação aos malefícios do açúcar, quando consumido em excesso, realizaram-se também ensaios para a sua substituição por outros edulcorantes. Após a análise de todos os parâmetros, concluiu-se que ambas as formulações de substituição de açúcar mantiveram-se estáveis em todos os parâmetros de textura e de cor, tendo variado um pouco a sinerese com o tempo e, como tal, a formulação E1 (glicosídeos de esteviol+sacarose) poderia ser utilizada para a substituição parcial de sacarose, enquanto a formulação E2 (xilitol) poderia ser utilizada para uma substituição total.

Após o estudo destes três componentes das sobremesas, concluiu-se que as componentes da textura, no geral, não são satisfatórias, principalmente em relação aos dois principais parâmetros, a firmeza e a adesividade, que nem sempre atingem os valores de referência das referências comerciais. Como tal, procedeu-se ao estudo da incorporação de hidrocolóides em sistemas modelo, de forma desenvolver uma base de aplicação a qualquer sobremesa que contenha arroz. Através desse estudo, concluiu-se que os três hidrocolóides estudados tinham efeitos benéficos nos vários parâmetros estudados, conseguindo inseri-los nos intervalos das sobremesas. Em relação à xantana, o ensaio X2 (0,25%) revelou-se o mais adequado para incorporação em sobremesas tipo “cobertura” pois, obteve valores de sinérese reduzidos, atingiu os parâmetros de textura, incluindo de viscosidade, das referências comerciais e teve a menor variação de cor com o tempo.

Relativamente ao k-carragenato, o ensaio C2 (0,25%) foi o mais adequado para utilização em sobremesas tipo “papa” porque obteve valores de sinérese reduzidos, atingiu

três dos quatro parâmetros de textura, incluindo os mais importantes, e teve a menor diferença total de cor com o tempo.

Os ensaios de gelatina que melhor se ajustaram às referências comerciais tipo “pudim” foram o G4 e o G5 (1% e 1,5%), que revelaram baixos níveis de sinérese, atingiram 3 dos quatro parâmetros de textura e mantiveram-se estáveis em relação à cor. No entanto, aconselha-se a utilização da concentração do G4, de modo a reduzir a incorporação de hidrocolóides.

Portanto, sobremesas que contenham como único hidrocolóide o amido da farinha de arroz carolino, não atingem, na maioria das vezes, os parâmetros das referências comerciais, a não ser que se utilize concentrações maiores de farinha (diminuindo a qualidade sensorial).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adaskaveg J, Förster H & Sommer N, 2002. Principles of postharvest pathology and management of decays of edible horticultural crops. In: Kader A, ed. *Postharvest Technology of Horticultural Crops*, 3.a Edição. California, EUA: University of California, 163-196 p.
- Ako K, 2015. Influence of elasticity on the syneresis properties of k-carrageenan gels. *Carbohydrate Polymers* **115**, 408-414 p.
- Alija J & Talens C, 2012. New concept of desserts with no added sugar. *International Journal of Gastronomy and Food Science* **1**, 116-122 p.
- Arocas A, Sanz T & Fiszman S, 2009. Improving effect of xanthan and locust bean gums on the freeze-thaw stability of white sauces made with different native starches. *Food Hydrocolloids* **23**, 2478-2484 p.
- Associação Portuguesa de Celiacos, s/data. Disponível em: <http://www.celiacos.org.pt/>. Acesso em: 10 de janeiro de 2016.
- Barnes H, 2000. *A Handbook of Elementary Rheology*. Dyfed, GB: The University of Wales Institute of Non-Newtonian Fluid Mechanics, 89 p.
- Battais F, Pineau F, Popineau Y, Aparicio C, Kanny G, Guerint L, Moneret-Vautrin A & Denery-Papini S, 2003. Food allergy to wheat: identification of immunoglobulin E and immunoglobulin G-binding proteins with sequential extracts and purified proteins from wheat flour. *Clinical & Experimental Allergy* **33**, 962-970 p.
- Bella J, 1998. X-ray crystallographic determination of a collagen-like peptide with the repeating sequence (Pro-Pro-Gly). *Journal of Molecular Biology* **289**, 623-638 p.
- Bertoft E, 2004. Analysing starch structure. In: Eliasson A, eds. *Starch in food – Structure, function and applications*. Cambridge, GB: Woodhead Publishing, 259-270 p.
- Biagi F, Campanella J, Laforenza U, Gastaldi G, Tritto S, Grazioli M, Villanacci V & Corazza G, 2006. Transglutaminase 2 in the enterocytes is coeliac specific and gluten dependent. *Digestive and Liver Disease* **38**, 652-58 p.
- Biswal D, Anupriya B, Uvanesh K, Anis A, Banerjee I & Pal K, 2016. Effect of mechanical and electrical behavior of gelatin hydrogels on drug release and cell proliferation. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials* **53**, 174-186 p.
- Botelho F, 2012. *Efeito das Gomas Xantana e/ou Guar na Textura de Pães Isentos de Gluten Elaborados com Farinhas de Arroz e de Milho*. Lisboa, PT: Universidade de Lisboa, Dissertação de Mestrado.

Bourne M, 1982. *Food Texture and Viscosity*, 2.^a Edição. London, GB: Academic Press, 59-106 p.

Bourne M, 2002. *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement* - Food Science and Technology Series. London, GB: Academic Press, 7-12 p.

Braga A & Cunha R, 2005. The effect of sucrose on unfrozen water and syneresis of acidified sodium caseinate-xanthan gels. *International Journal of Biological Macromolecules* **36**, 33-38 p.

Cai J, Chiang J, Tan M, Saw L, Xu Y & Ngan-Loong M, 2016. Physicochemical properties of hydrothermally treated glutinous rice flour and xanthan gum mixture and its application in gluten-free noodles. *Journal of Food Engineering* **186**, 1-9 p.

Calvo C & Salvador A, 2000. Use of natural colorants in food gels. Influence of composition of gels on their colour and study of their stability during storage. *Food Hydrocolloids* **14**, 439-443 p.

Canhadas L, 2003. *Desenvolvimento de Filmes Simples e Compostos à Base de Gelatina, Ácidos Graxos e Breu Branco*. Campinas, Br: Universidade Estadual de Campinas, Dissertação de Mestrado.

Capili B, Chang M & Anastase J, 2014. A clinical update: nonceliac gluten sensitivity – Is it really the gluten?. *The Journal for Nurse Practitioners* **10** (9), 666-673 p.

Cardoso A, Cassiano L, Costa E, Souza-e-Silva A, Magalhães A, Grizzo L, Caldana M, Bastos J & Buzalaf M, 2016. Effect of xylitol varnishes on remineralization of artificial enamel caries lesions *in situ*. *Journal of Dentistry* **50**, 74-78 p.

Castellar M, Obón J & Fernández-López J, 2006. The isolation and properties of a concentrated red-purple betacyanin food colourant from *Opuntia stricta* fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **86**, 122-128 p.

Chaplin M, 2016. Water Structure and Science. Disponível em: <http://www1.lsbu.ac.uk/water/gelatin.html>. Acesso em: 24 de setembro de 2016.

Chen Y, Chen Y, Wu C, Yu C & Liao H, 2010. Prolamin, a rice protein, augments anti-leukaemia immune response. *Journal of Cereal Science* **51**, 189-197 p.

Chopra H & Panesar P, 2010. *Food Chemistry*. Oxford, GB: Alpha Science International Ltd, 195-250 p.

Costa C, Zimmer P & Villela F, 2011. Base celular da origem e desenvolvimento do endosperma. *Revista Científica Rural* **13**, 226-241 p.

Czaja-Bulsa G, 2015. Non coeliac gluten sensitivity – A new disease with gluten intolerance. *Clinical Nutrition* **34**, 189-194 p.

Czarnowicki T, Krueger J & Guttman-Yassky E, 2015. The common food additive carrageenan and alpha-gal epitope. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* **136** (6), 1708 p.

Diretiva 94/54/CE da Comissão, de 18 de novembro de 1994, relativa à inclusão na rotulagem de determinados géneros alimentícios de outras indicações obrigatórias para além das previstas na Diretiva 79/112/CEE do Conselho.

Decreto-Lei n.º 290/2003, de 15 de novembro de 2003 relativo à caracterização e regulamentação do acondicionamento e rotulagem de determinados açúcares constituídos por sacarose, glucose e frutose destinados à alimentação humana.

Decreto-Lei n.º 62/2000, de 19 de abril de 2000 relativo à definição das características do arroz e da trinca de arroz, seus tipos e classes comerciais.

Diretiva 94/54/CE da Comissão, de 18 de novembro de 1994, relativa à inclusão na rotulagem de determinados géneros alimentícios de outras indicações obrigatórias para além das previstas na Diretiva 79/112/CEE do Conselho.

Doebley J, Gaut B & Smith B, 2006. The molecular genetics of crop domestication. *Cell* **127**, 1309-1321 p.

European Food Safety Authority (EFSA), 2011. Scientific opinion on the substantiation of health claims related to the sugar replacers xylitol, sorbitol, mannitol, maltitol, lactitol, isomalt, erythritol, D-tagatose, isomaltulose, sucralose and poplydextrose and maintenance of tooth mineralization by decreasing tooth demineralisation, and reduction of post-prandial glycaemic responses, pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) N° 1924/2006. *EFSA Journal* **9** (4), 1-25.

European Food Safety Authority (EFSA), 2015. Scientific opinion on the safety of the extension of use of steviol glycosides (E960) as a food additive. *EFSA Journal* **13** (6).

Fasano A, Berti I, Gerarduzzi T, Colleti R, Drago S, Elitsur Y, Green P, Guandalini S, Hill I, Pietzak M, Ventura A, Thorpe M, Kryszak D, Fornaroli F, Wasserman S, Murray J & Horvath K, 2003. Prevalence of celiac disease in at-risk and not-at-risk groups in the United States. *Archives of Internal Medicine* **163**, 286-292 p.

Fasano A, Sapore A, Zevallos V & Schuppan D, 2015. Nonceliac glúten and wheat sensitivity. *Gastroenterology* **148**, 1195-1204 p.

Ferguson A, Arranz E & O'Mahony S, 1993. Clinical and pathological spectrum of coeliac disease – active, silent, latent, potential. *GUT* **34**, 150-151 p.

Fernandes I, Calheiro D, Kieling A, Moraes C, Rocha T, Brehm F & Modolo R, 2016. Characterization of rice husk ash produced using different biomass combustion techniques for energy. *Fuel* **165**, 351-359 p.

Food and Agriculture Organization of the United Nations – Rice and Human Nutrition (FAO), 2004. Disponível em: <http://www.fao.org/rice2004/en/f-sheet/factsheet3.pdf>. Acesso em: 4 de fevereiro de 2016.

Food and Agriculture Organization of the United Nations – Rice Market Monitor (FAO RMM), 2015. Disponível em: <http://www.fao.org/economic/RMM/en/>. Acesso em: 4 de fevereiro de 2016.

Food and Agriculture Organization of the United Nations – Statistics Division (FAOSTAT), 2014. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/home/E>. Acesso em: 4 de fevereiro de 2016.

Food Pathogen Control Data Summary, 2011. Disponível em: <http://www.hi-tm.com/RFA/food-path-summ.pdf>. Acesso em: 13 de junho de 2016.

García V, Laca A, Martínez L, Paredes B, Rendueles M & Díaz M, 2015. Development and characterization of a new sweet egg-based dessert formulation. *International Journal of Gastronomy and Food Science* **2**, 72-82 p.

Global Rice Science Partnership, 2013. *Rice Almanac*. Metro Manila, PHI: International Rice Research Institute.

Guandalini S, 2008. Historical perspective of celiac disease. In: Fasano A, Troncone R, Branski D, eds. *Frontiers in Celiac Disease*. Chicago, EUA: Karger, 1-11 p.

Gul K, Yoursuf B, Singh A, Singh P & Wani A, 2015. Rice bran: nutritional values and its emerging potential for development of functional food – A review. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre* **6**, 24-30 p.

Gulrez S, Al-Assaf S & Philips G, 2011. Hydrogels: methods of preparation, characterisation and applications. In: Carpi A, ed. *Progress in Molecular and Environmental Bioengineering - From Analysis and Modeling to Technology Applications*. Rijeka, CRO: InTech, 286-292 p.

Gupta M, 2014. To gluten or not to gluten? Part 1: gluten 101. Disponível em: <http://www.thepaleosecret.com/2014/06/to-gluten-not-to-gluten-part-1-gluten-101/>. Acesso em: 3 de outubro de 2016.

Harrison R & Larson E, 2014. Hybridization, introgression, and the nature of species boundaries. *Journal of Heredity* **105**, 795-809 p.

Hischenhuber C, Crevel R, Jarry B, Makis M, Moneret-Vautrin D, Romang A, Troncone R & Ward R, 2005. Review article: safe amounts of gluten for patients with wheat allergy or coeliac disease. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics* **23**, 559-575 p.

Hoseney R, 1986. *Principles of Cereal Science and Technology*. St. Paul, EUA: American Association of Cereal Chemists, 13-86 p.

Inouchi N, Hibi H, Li T, Horibata T, Fuwa H & Itani T, 2005. Structure and properties of endosperm starches from cultivated rice of Asia and other countries. *Journal of Applied Glycoscience* **52** (3), 239-246 p.

Instituto Nacional de Estatística (INE), 2014. Grau de Auto-Aprovisionamento e Consumo e Produção de Arroz. Disponível em: https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_pesquisa&frm_accao=PESQUISAR&frm_show_page_num=1&frm_modos_pesquisa=PESQUISA_SIMPLES&frm_modos_texto=MODOS_DO_TEXTO_ALL&frm_texto=arroz&frm_imgPesquisar=++. Acesso em: 9 de fevereiro de 2016.

International Rice Research Institute, 2006. Breeding program management. Disponível em: http://www.knowledgebank.irri.org/ricebreedingcourse/bodydefault.htm#The_IRRI_irrigated_breeding_program.htm. Acesso em: 18 de fevereiro de 2016.

ISO 5492:2008 (International Standards Organization), 2008. Definição dos termos relativos à análise sensorial. Disponível em: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:38051:en>. Acesso em: 16 de março de 2016.

Jacob-Lopes E, Zepka L, Queiroz M & Netto F, 2006. Protein characterisation of the *Aphanathece Microscopica Năgeli* cyanobacterium cultivated in parboiled rice effluent. *Food Science and Technology* **26** (2), 482-488 p.

Jane J, 2009. Structural Features of Starch Granules II. In: BeMiller J, Whistler R., eds. *Starch – Chemistry and Technology*. West Lafayette, EUA: Academic Press, 194-227 p.

Jang E, Lee S, Hong J, Chung H, Lee Y, Kang B & Lim S, 2016. Correlation between physicochemical properties of *japonica* and *indica* rice starches. *LWT-Food Science and Technology* **66**, 530-537 p.

Karim A & Bhat Rajeev, 2008. Gelatin alternatives for the food industry: recent developments, challenges and prospects. *Trends in Food Science & Technology* **19**, 644-656 p.

Kasarda D, 1989. Glutenin structure in relation to wheat quality. In: Pomeranz Y, ed. *Wheat is Unique*. St. Paul, EUA: 277-302 p.

- Katzbauer B, 1998. Properties and applications of xanthan gum. *Polymer Degradation and Stability* **59**, 81-84 p.
- Li J & Nie S, 2016. The functional and nutritional aspects of hydrocolloids in foods. *Food Hydrocolloids* **53**, 46-61 p.
- Lin J, Liang C & Chang Y, 2016. Effect of starch source on gel properties of kappa-carrageenan-starch dispersions. *Food Hydrocolloids* **60**, 509-515 p.
- Liu Q, 2005. Understanding Starches and Their Role in Foods. In: Cui S, ed. *Food Carbohydrates*. New York, EUA: Taylor & Francis Group, 309-356 p.
- Lopes da Silva J & Rao A, 1999. Rheological behavior of food gel systems. In: Rao A, ed. *Rheology of Fluid and Semisolid Foods Principles*. New York, EUA: Aspen Publishers, Inc., 319-368 p.
- Mao R, Tang J & Swanson B, 2001. Water holding capacity and microstructure of gellan gels. *Carbohydrate Polymers* **46**, 365-371 p.
- Moorhouse R, Walkinshaw M & Arnott S, 1977. Xanthan gum – molecular conformation and interaction. In: Sandford P & Laskin A, eds. *Extracellular Microbial Polysaccharides*. Washington DC, EUA: ACS Symposium Series - American Chemical Society, 90-102 p.
- Morita E, Chinuki Y, Takahashi H, Nabika T, Yamasaki M & Shiwa K, 2012. Prevalence of wheat allergy in Japanese adults. *Allergology International* **61**, 101-105 p.
- Natah S, Hussien K, Tuominen J & Koivisto V, 1997. Metabolic response to lactitol and xylitol in healthy men. *Journal of Clinical Nutrition* **65**, 947-950 p.
- Navarro-Cortez R, Gomez-Aldapa C, Aguilar-Palazuelos E & Medrano-Roldán H, 2016. Blue corn (*Zea mays* L.) with added orange (*Citrus sinensis*) fruit bagasse: Novel ingredients for extruded snacks. *CyTA – Journal of Food* **14** (2), 1-10 p.
- Nayar N, 2014. *Origins and Phylogeny of Rices*. Trivandrum, IND: Elsevier, 26-36 p.
- Nguyen B, Nicolai T, Benyahia L & Chassenieux C, 2014. Synergistic effects of mixed salt on the gelation of kappa-carrageenan. *Carbohydrate Polymers* **112**, 10-15 p.
- Norton I, Spyropoulos F, Cox P, eds., 2010. *Practical Food Rheology: An Interpretive Approach*. GB: Wiley Blackwell, 93-101 p.
- Oliveira T, Pirozi M, Borges J, Germani R & Fontes M, 2009. Caracterização do amido de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.). *Curitiba* **27** (1), 28-42 p.
- Pal S, Mondal A & Sahoo D, 2016. Molecular strategies for enhancing microbial production of xylitol. *Process Biochemistry* **51**, 809-819 p.

Pestana-Bauer V, Zambiasi R, Mendonça C, Benito-Cambra M & Ramis-Ramos G, 2012. γ-Oryzanol and tocopherol contents in residues of rice bran oil refining. *Food Chemistry* **134**, 1479-1483 p.

Porto A & Oliveira L, 2007. Tabela da Composição de Alimentos. Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge, Lisboa, 75-76 p.

Potter N & Hotchkiss J, eds., 1995. *Food Science*, 5.^a Edição. New York, EUA: Springer Science, 200-244 p.

Prajapati V, Maheriya P, Jani G & Solanki H, 2014. Carrageenan: A natural seaweed polysaccharide and its applications. *Carbohydrate Polymers* **105**, 97-112 p.

Puri M, Sharma D & Tiwari A, 2011. Downstream processing of stevioside and its potential applications. *Biotechnology Advances* **29**, 781-791 p.

Raman M & Doble M, 2015. K-carrageenan from marine red algae, *Kappaphycus alvarezii* – A functional food to prevent colon carcinogenesis. *Journal of Functional Foods* **15**, 354-364 p.

Regulamento (UE) N.º 1129/2011 da Comissão de 11 de novembro de 2011, que altera o anexo II do Regulamento (CE) n.º 1333/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho mediante o estabelecimento de uma lista da União de aditivos alimentares.

Regulamento (UE) N.º 1130/2011 da Comissão de 11 de novembro de 2011, que altera o anexo III do Regulamento (CE) n.º 1333/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho relativo aos aditivos alimentares, mediante o estabelecimento de uma lista da União de aditivos alimentares autorizados para utilização nos aditivos alimentares, enzimas alimentares, aromas alimentares e nutrientes.

Regulamento (UE) N.º 1131/2011 da Comissão de 11 de novembro de 2011, que altera o anexo II do Regulamento (CE) n.º 1333/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho no que se refere aos glicosídeos de esteviol.

Regulamento (UE) N.º 231/2012 da Comissão de 9 de março de 2012, estabelece especificações para os aditivos alimentares enumerados nos anexos II e III do Regulamento (CE) n.º 1333/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho.

Regulamento (UE) N.º 609/2013 do Parlamento Europeu e do Conselho de 12 de junho de 2013, relativo aos alimentos para lactentes e crianças pequenas, aos alimentos destinados a fins medicinais específicos e aos substitutos integrais da dieta para controlo do peso e que revoga a Diretiva 92/52/CEE do Conselho, as Diretivas 96/8/CE, 1999/21/CE, 2006/125/CE e 2006/141/CE da Comissão, a Diretiva 2009/39/CE do Parlamento Europeu e do Conselho e os Regulamentos (CE) n.º 41/2009 e (CE) n.º 953/2009 da Comissão.

Rosenthal A, 1999. Relation between Instrumental and Sensory measures of Food Texture. Rosenthal, A, ed. *Food Texture – Measurement and Perception*. Gaithersburg, EUA: Aspen Publication, 7-12 p.

Sang T & Ge S, 2013. Understanding rice domestication and implications for cultivar improvement. *Current Opinion in Plant Biology* **16**, 139-146 p.

Santos T, Lemos D, Brites C, Guiné R & Correia P, 2013. Contribuição para a caracterização de cultivares de arroz Carolino. *VII Congresso Ibérico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas*, Madrid, Espanha, 6 p.

Saunders G & Hommersand M, 2004. Assessing red algal supraordinal diversity and taxonomy in the context of contemporary systematic data. *American Journal of Botany* **91** (10), 1494-1507 p.

Scherf K, Koehler P & Wieser H, 2015. Gluten and wheat sensitivities – An overview. *Journal of Cereal Science*, 1-10 p.

Schilling M, Mink L, Gochenour P, Marriott N & Alvarado C, 2003. Utilization of pork collagen for functionality improvement of boneless cured ham manufactured from pale, soft, and exudative pork. *Meat Science* **65**, 547-553 p.

Sgarbieri V, 1996. *Proteínas em alimentos protéicos: propriedades, degradações, modificações*. São Paulo, BR: Livraria Varela, 517 p.

Sharp R, 1991. Rice: Production, Processing, and Utilization. In: Lorenz K & Kulp K eds. *Handbook of Cereal Science and Technology*. University of Arkansas, EUA: University of Arkansas, 301-330 p.

Shchipunov Y, Sarin S, Kim I & Ha C, 2010. Hydrogels formed through regulated self-organization of gradually charging chitosan in solution of xanthan. *Green Chemistry* **12** (7), 1187-1195 p.

Sherman P, 1969. A texture profile of foodstuffs based upon well-defined rheological properties. *Journal of Food Science* **34** (5), 458-462 p.

Silva J, 2014. Desenvolvimento de Mixes de Panificação Isentos de Glúten a partir de Subprodutos Alimentares. Lisboa, PT: Universidade de Lisboa, Dissertação de Mestrado.

Smith J & Hong-Shum L, eds., 2003. *Food Additives Databook*. GB: Blackwell Science Ltd, 1000-1003 p.

Sony, 2016. Why is color management necessary?. Disponível em: <https://www.sony.co.uk/support/en/content/cnt-tut/shared/about-color-management/ILCA-68>. Acesso em: 29 de setembro de 2016.

Sousa I, 2001. A reologia dos produtos alimentares. In: Gomes de Castro A, Covas J, Diogo, A, eds. *Reologia e as suas Aplicações Industriais*. Lisboa, PT: Instituto Piaget.

Stevens P, 2010. Gelatine. In: Imeson A, ed. *Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents*. Oxford, GB: Blackwell Publishing, Ltd, 116-144 p.

Tashian C, 2009. Sauerkraut & giger ale at home. Disponível em: <http://tashian.com/carl/archives/cooking/>. Acesso em: 30 de setembro de 2016.

Teixeira S, Gonçalves J & Vieira E, 2011. Edulcorantes: uso e aplicação na alimentação, com especial incidência na dos diabéticos. *Alimentação Humana* **17**, 47-54 p.

Thomas D & Atwell W, 1999. Starches – Practical Guide of the Food Industry. St. Paul, EUA: American Association of Cereal Chemists, 1-30 p.

Torbica A, Hadnadev M & Hadnadev T, 2012. Rice and buckwheat flour characterization and its relation to cookie quality. *Food Research International* **48** (1), 277-283 p.

Torres M, Fradinho P, Raymundo A, & Sousa I, 2014. Thermorheological and textural behaviour of gluten-free gels obtained from chestnut and rice flours. *Food and Bioprocess Technology* **7** (4), 1171-1182 p.

Trudso J, 1988. Use of hydrocolloids in the design of low-calorie foods. In: Birch G & Lindley M, eds. *Low-calorie Products*. London, GB: Elsevier Applied Science, 23-30 p.

United Nations Industrial Development Organization, 1985. *Rice Bran: An Under-Utilized Raw Material*. New York, EUA: United Nations publication, 3-15 p.

Velez-Ruiz J, 2002. Relevance of Rheological Properties in Food Process Engineering. In: Welti-Chanes J, Barbosa-Cánovas G, Aguilera J, eds. *Engineering and Food for the 21st Century*. Boca Raton, EUA: CRC Press, 307-320 p.

Wang Q & Cui W, 2005. Understanding the Conformation of Polysaccharides. In: Cui S, ed. *Food Carbohydrates*. Nova Iorque, EUA: Taylor & Francis Group, 219-262 p.

Wang S, Li C, Copeland L, Niu Q & Wang S, 2015. Starch retrogradation: a comprehensive review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* **14**, 568-585 p.

Wieser H, Koehler P & Konitzer K, 2014. *Celiac Disease and Gluten*. Oxford, GB: Academic Press, 121-135 p.

World Health Organization (WHO), 2014. European Food and Nutrition Action plan 2015-2010. Copenhagen, DEN: WHO, 6-8 p.

World Health Organization (WHO), 2016. Obesity and overweight. Disponível em: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/>. Acesso em: 11 de janeiro de 2016.

Yin S, Tang C, Cao J, Hu E, Wen Q & Yang X, 2008. Effects of limited enzymatic hydrolysis with trypsin on the functional properties of hemp (*Cannabis sativa* L.) protein isolate. *Food Chemistry* **106** (3), 1004-1013 p.

ANEXOS

Anexo I – Texturograma de força vs. tempo.

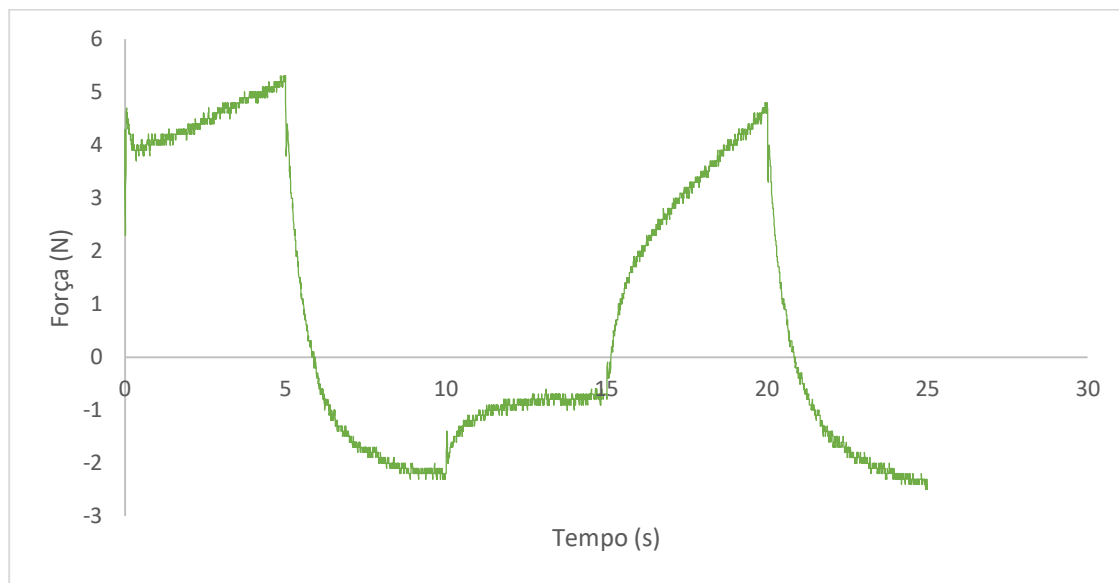


Figura 61 - Representação gráfica do texturograma de um gel.

Anexo II – Varrimento de tensão das referências comerciais “papa”.

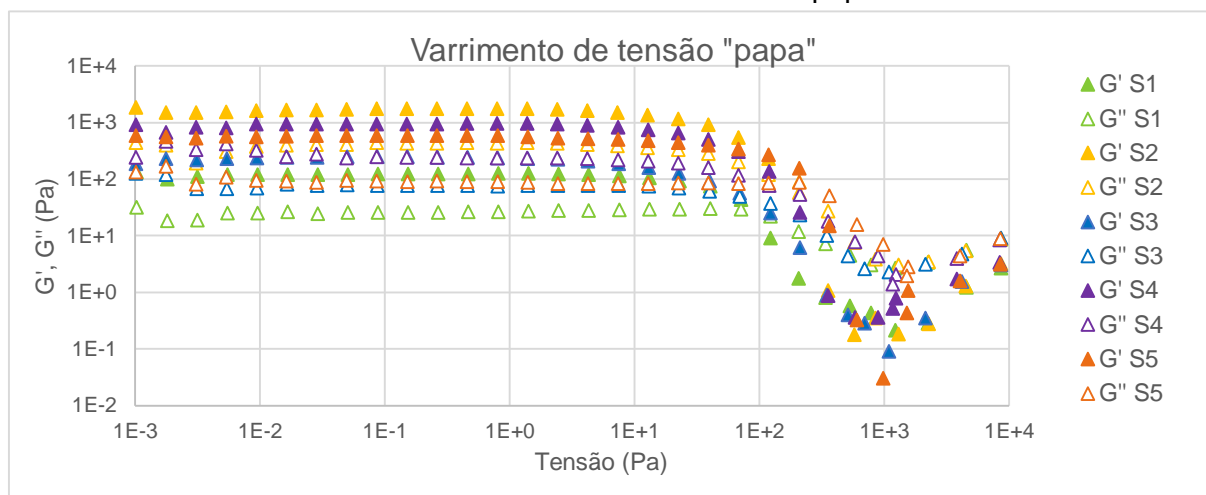


Figura 62 - Varrimento de tensão das referências comerciais “papa”.

Anexo III – Varrimento de tensão das referências comerciais “pudim”.

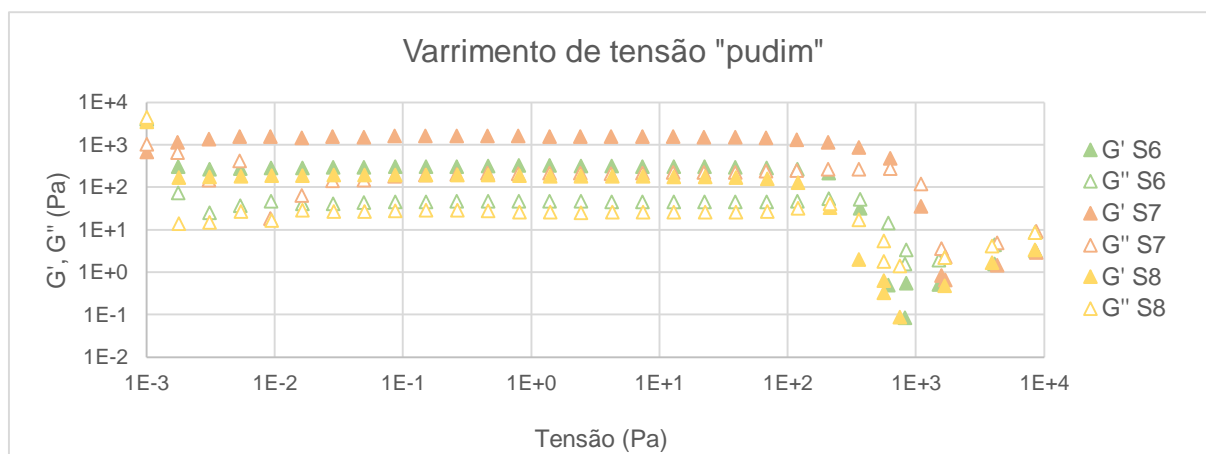


Figura 63 - Varrimento de tensão das referências comerciais “pudim”.

Anexo IV – Varrimento de tensão das referências comerciais “cobertura”.

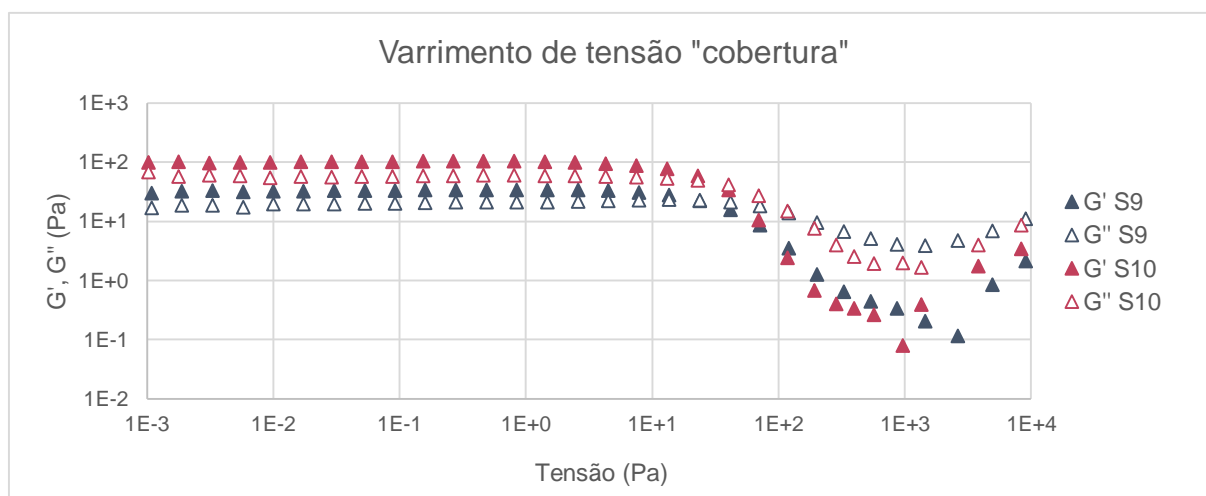


Figura 64 - Varrimento de tensão das referências comerciais “cobertura”.

Anexo V – Varrimento de temperatura (60-5°C), de tempo e de frequência dos ensaios F.

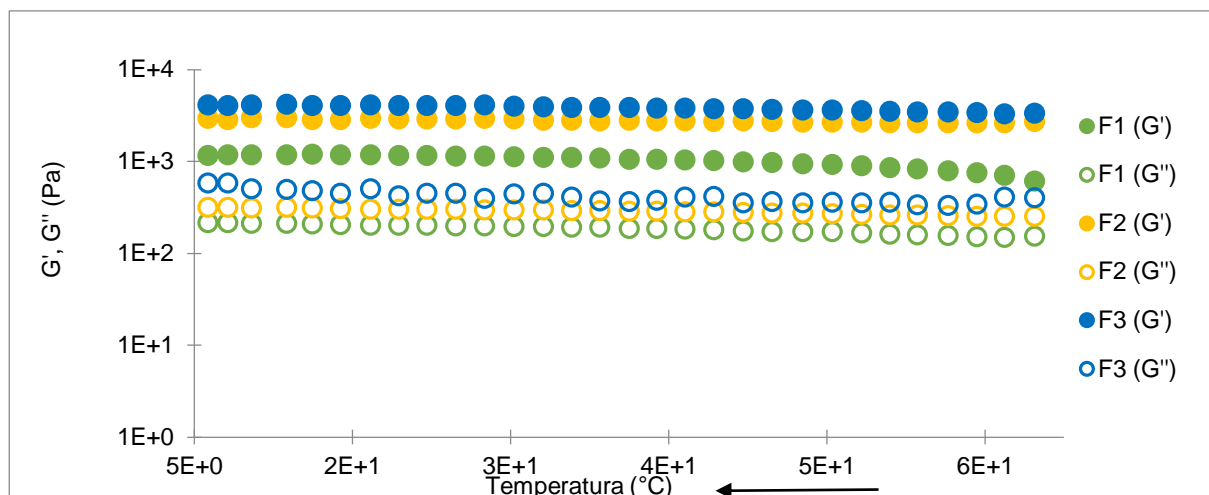


Figura 65 - Varrimento de temperatura (60-5°C) dos ensaios F.

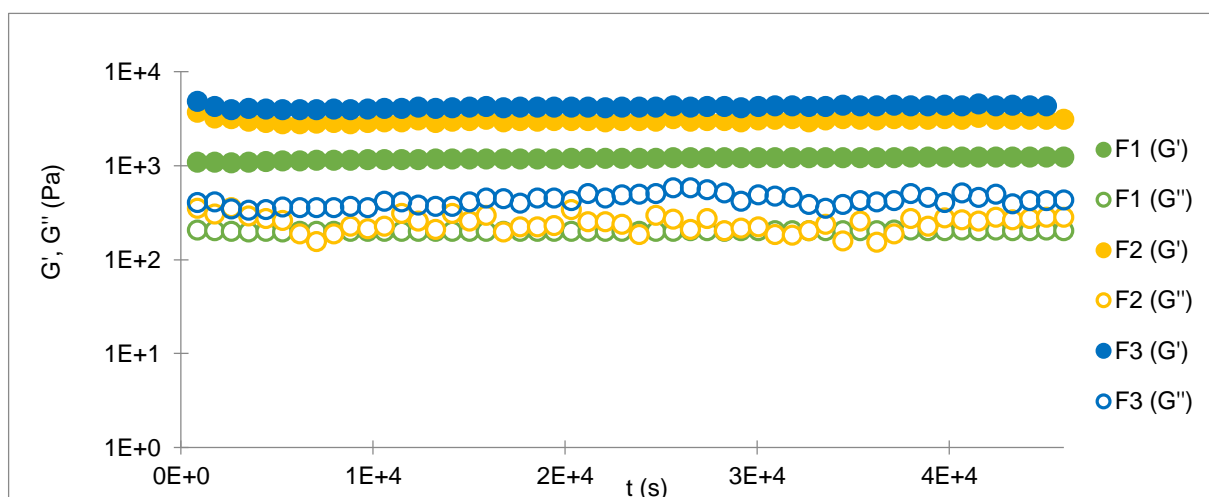


Figura 66 - Varrimento de tempo dos ensaios F.

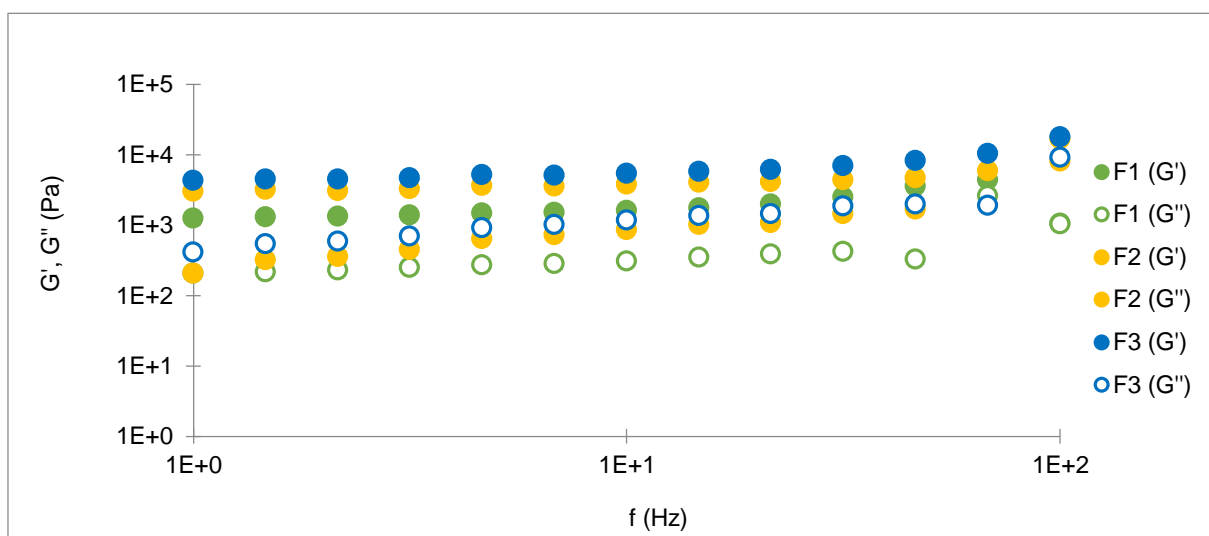


Figura 67 - Varrimento de frequência dos ensaios F.

Anexo VI – Varrimento de temperatura (60-5°C), de tempo e de frequência dos ensaios A.

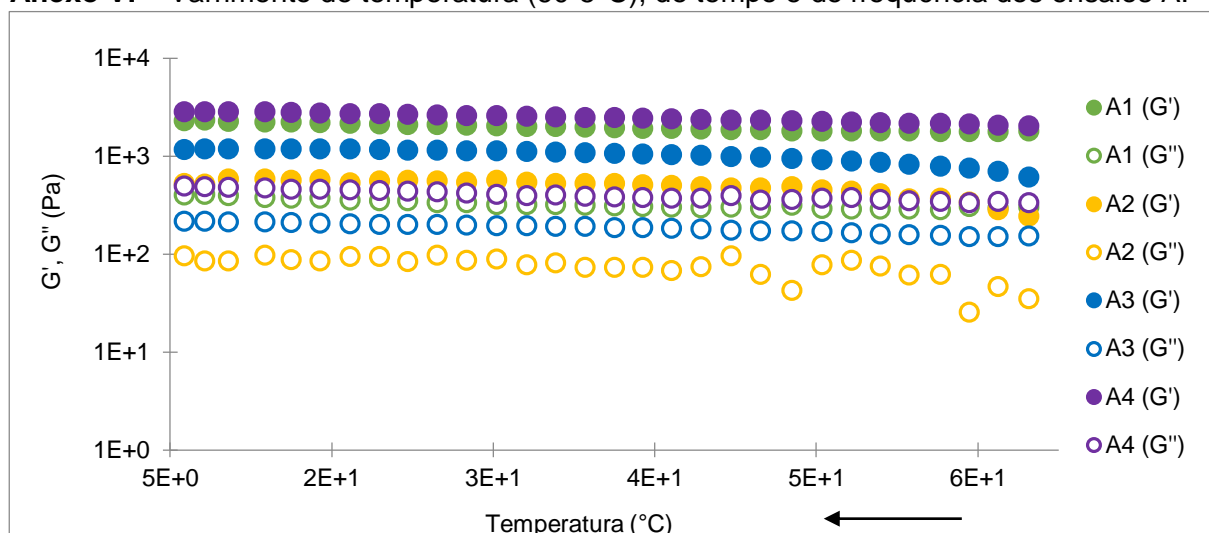


Figura 68 - Varrimento de temperatura (60-5°C) dos ensaios A.

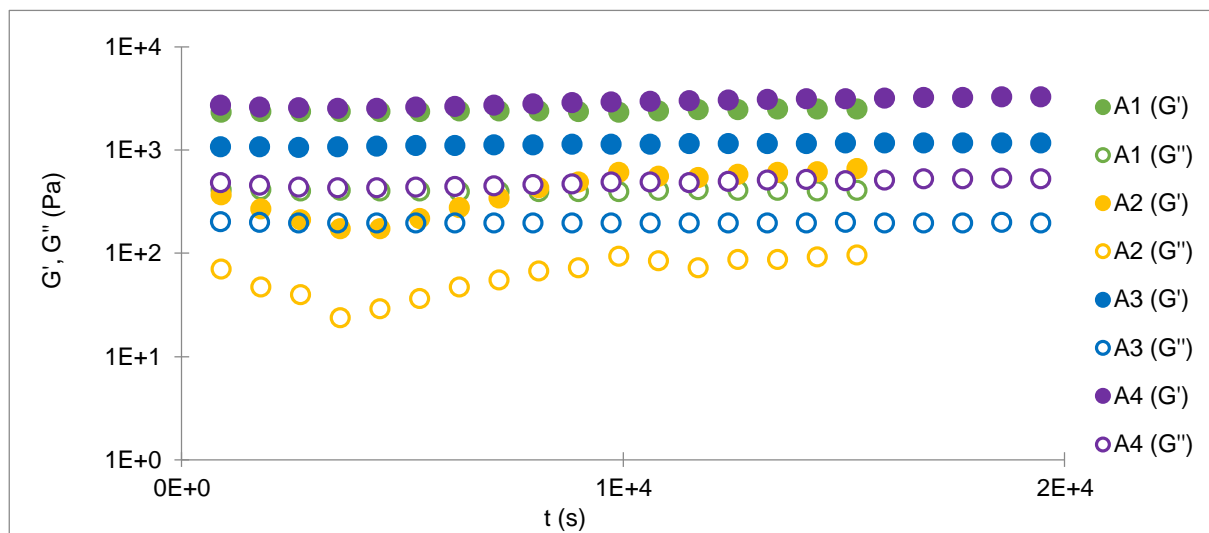


Figura 69 - Varrimento de tempo dos ensaios A.

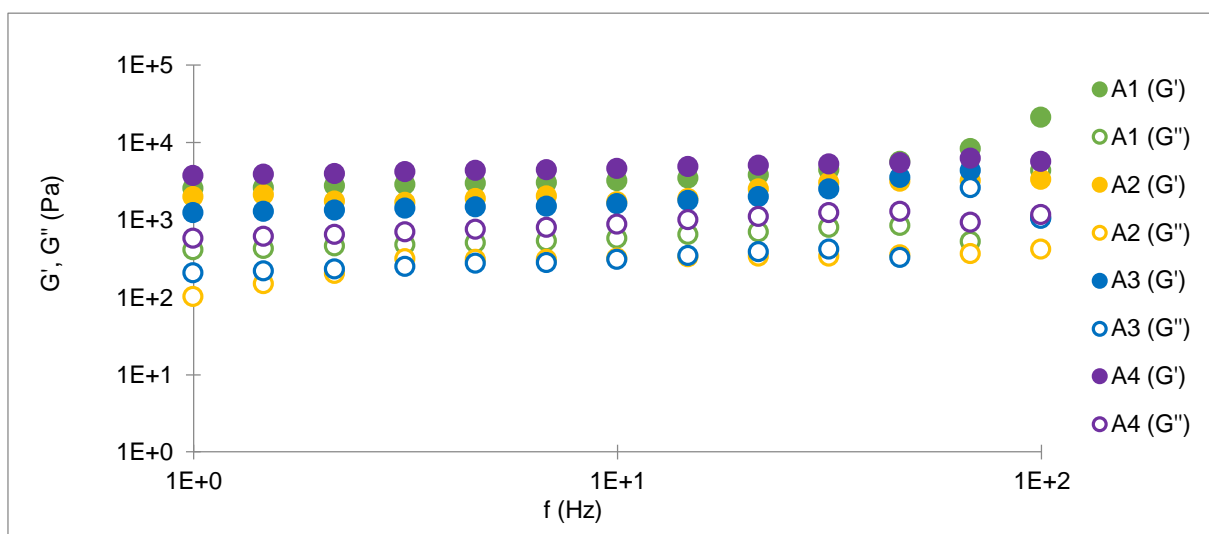


Figura 70 - Varrimento de frequência dos ensaios A.

Anexo VII – Varrimento de temperatura (60-5°C), de tempo e de frequência dos ensaios E.

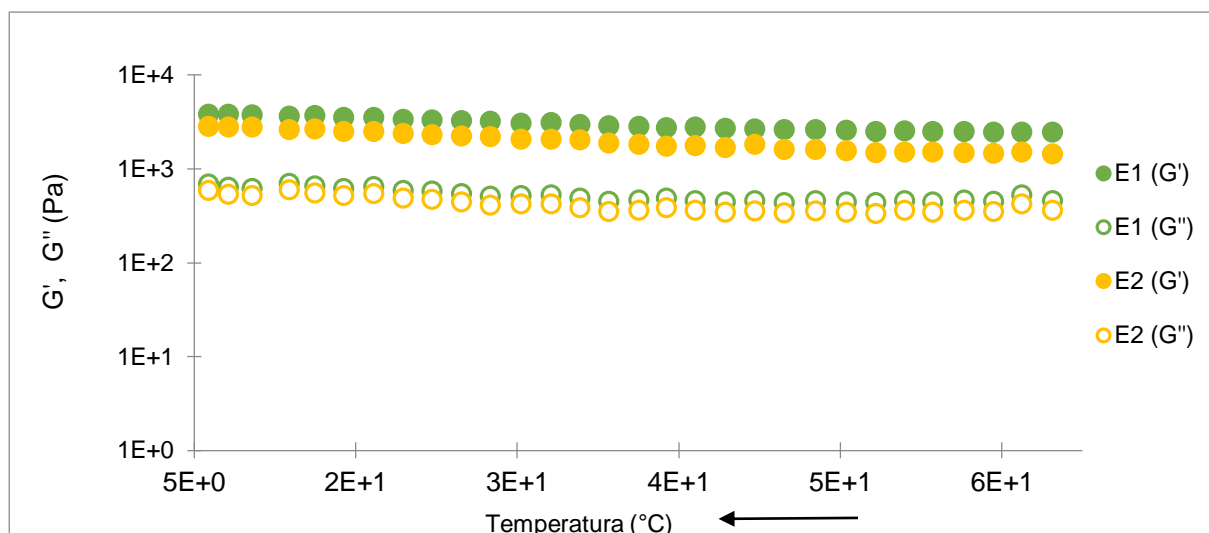


Figura 71 - Varrimento de temperatura (60-5°C) dos ensaios E.

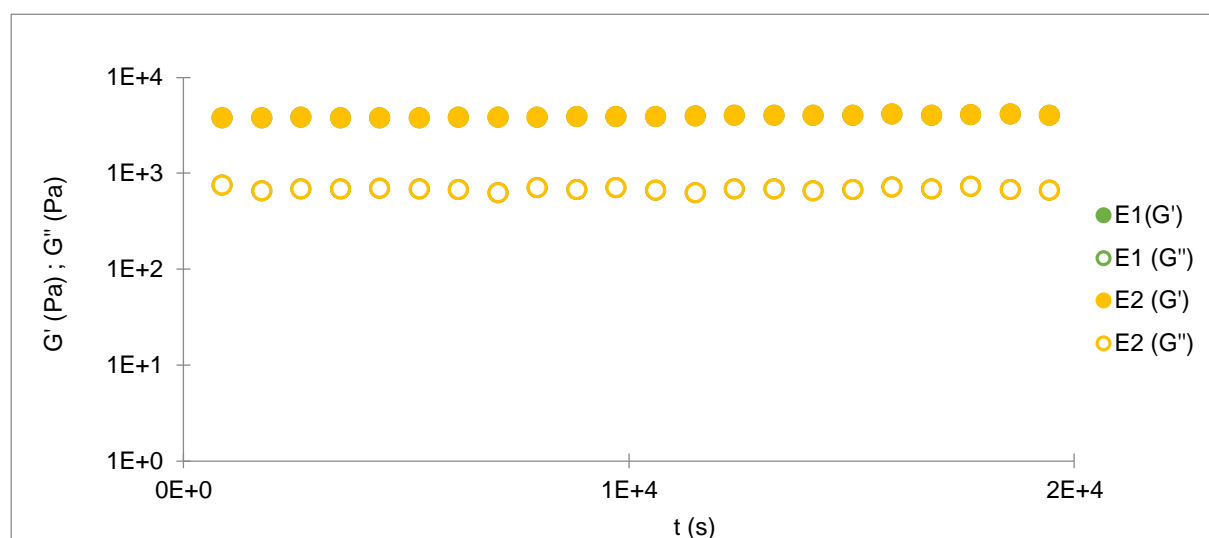


Figura 72 - Varrimento de tempo dos ensaios E.

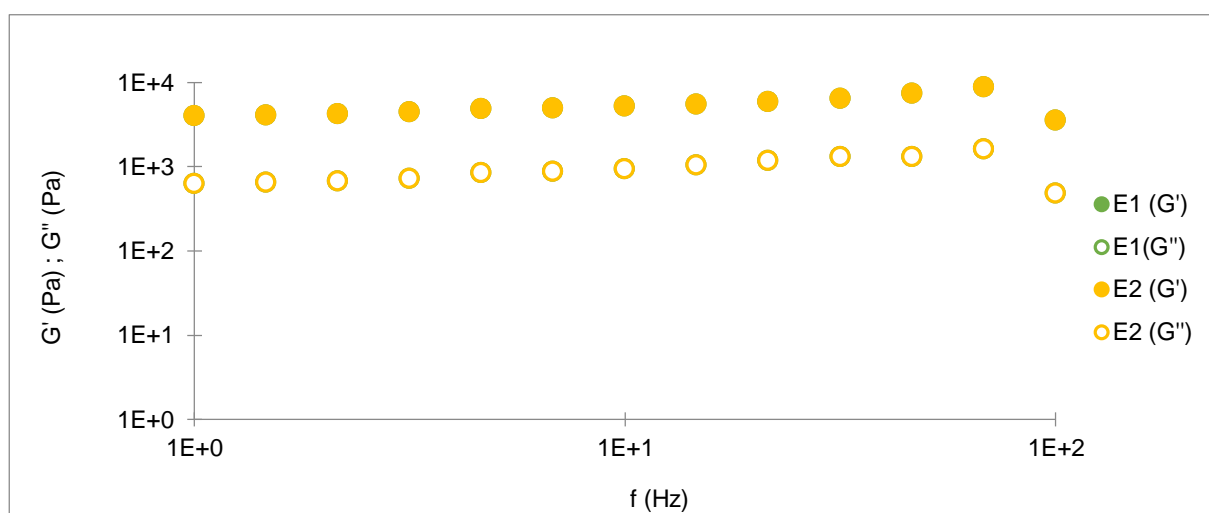


Figura 73 – Varrimento de frequência dos ensaios E.

Anexo VIII – Varrimento de temperatura (90-5°C), de tempo e de frequência dos ensaios X.

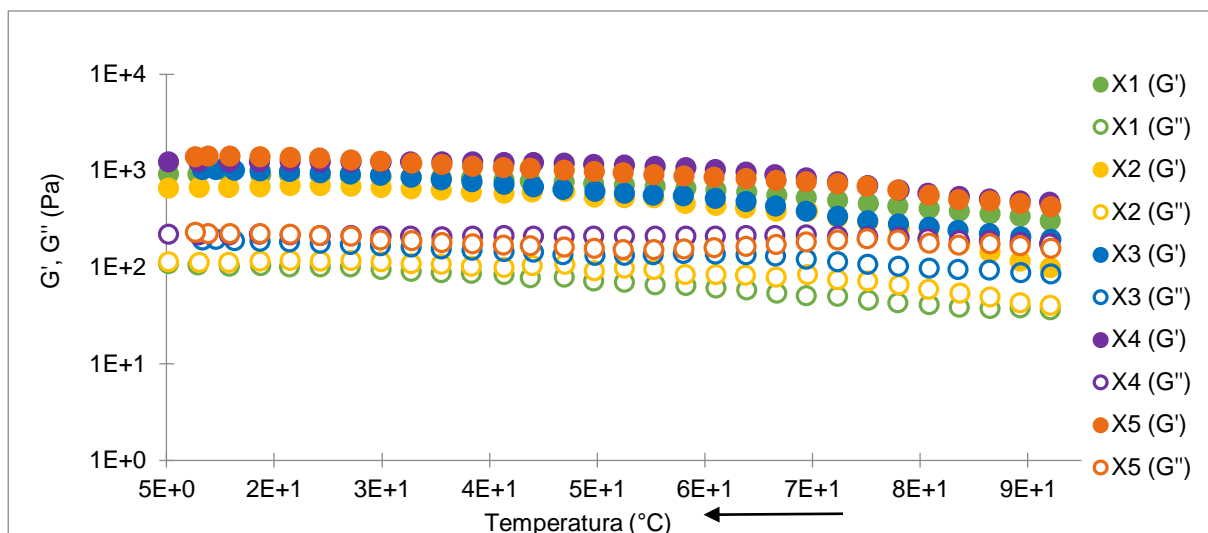


Figura 74 - Varrimento de temperatura (90-5°C) dos ensaios X.

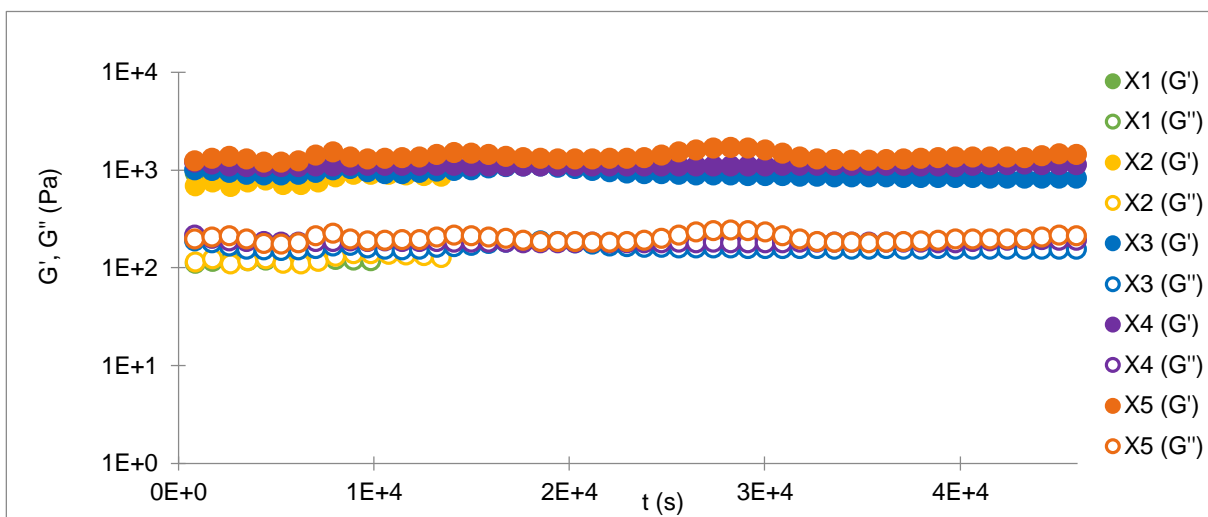


Figura 75 - Varrimento de tempo dos ensaios X.

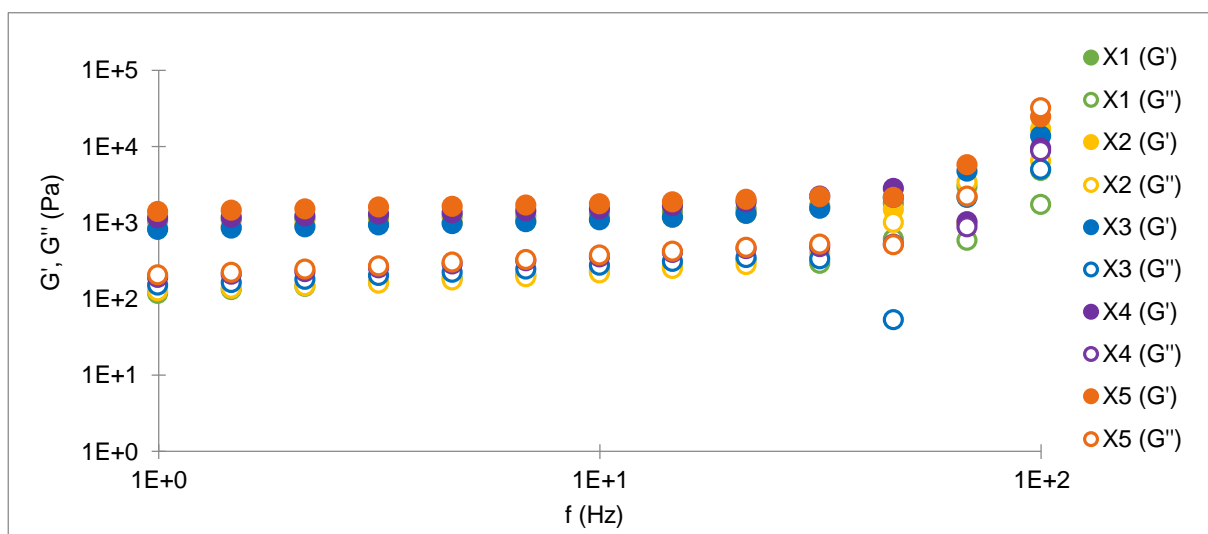


Figura 76 - Varrimento de frequência dos ensaios X.

Anexo IX – Varrimento de temperatura (90-5°C), de tempo e de frequência dos ensaios C.

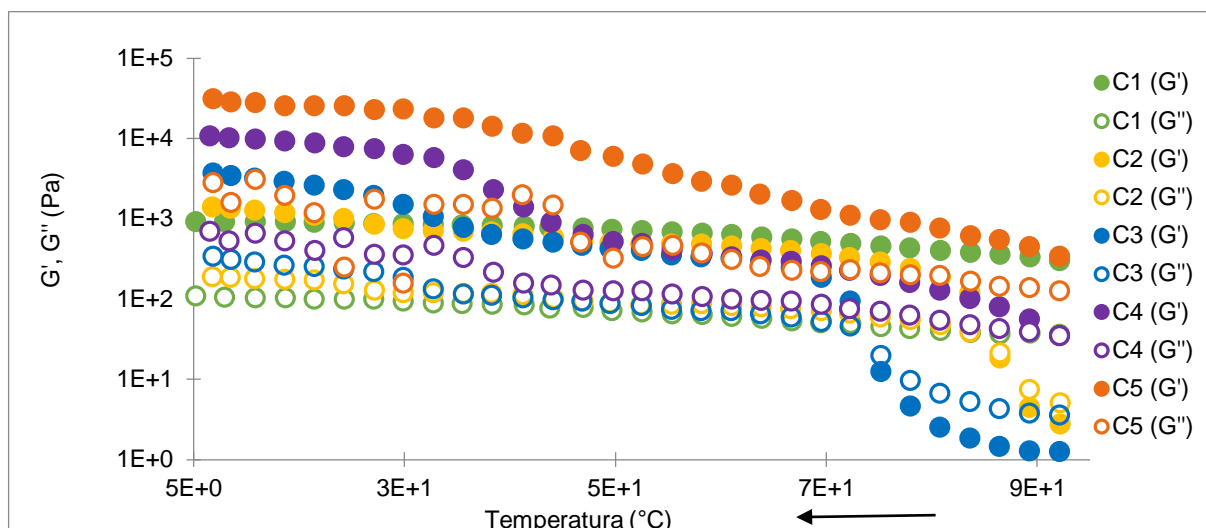


Figura 77 - Varrimento de temperatura (90-5°C) dos ensaios C.

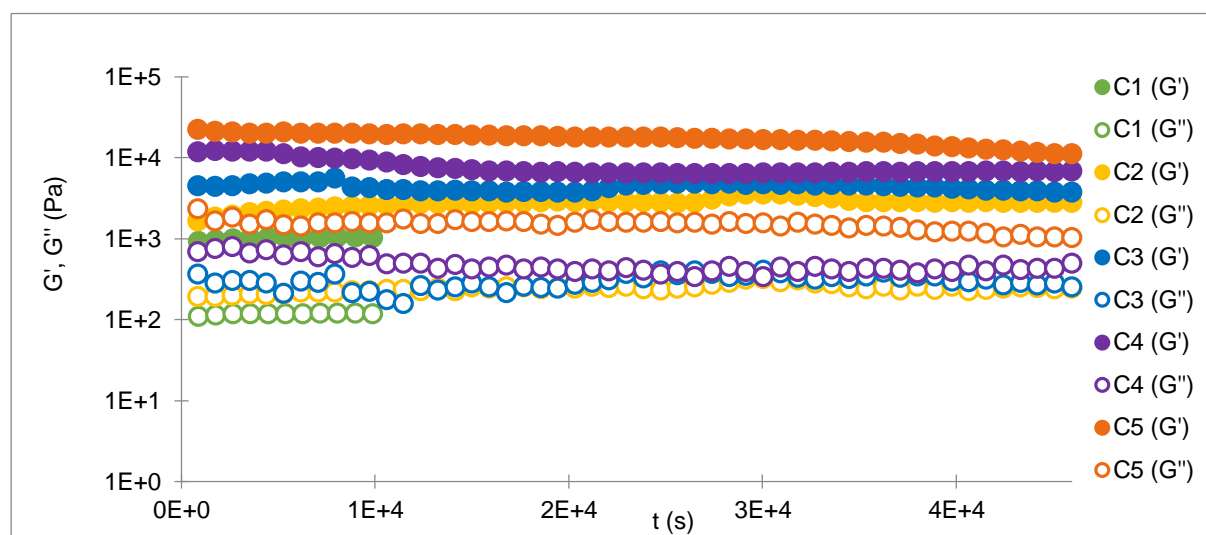


Figura 78 - Varrimento de tempo dos ensaios C.

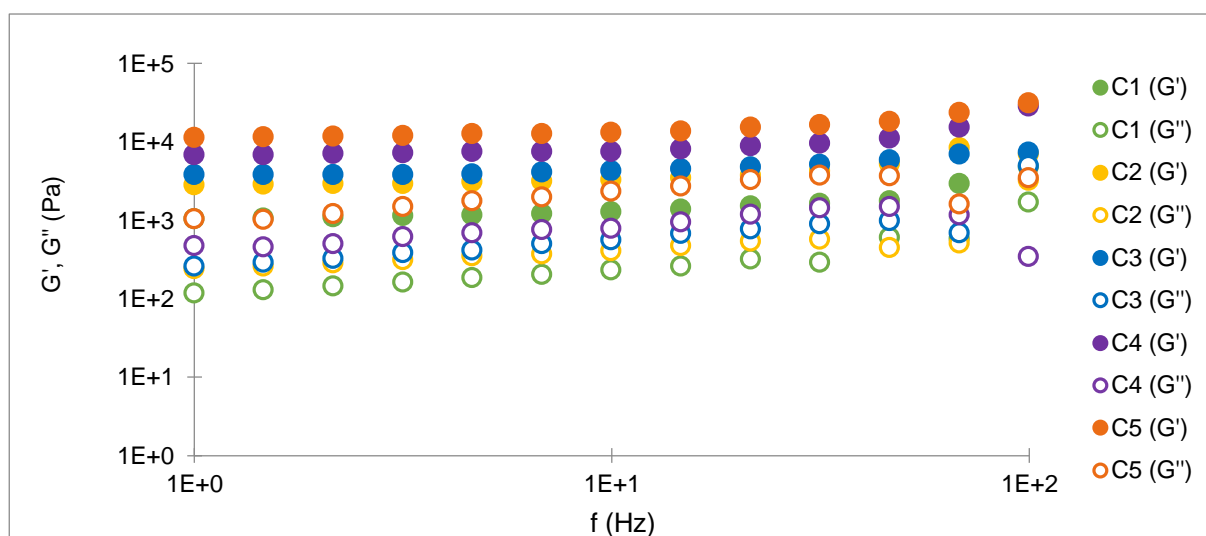


Figura 79 - Varrimento de frequência dos ensaios C.

Anexo X – Varrimento de temperatura (90-5°C), de tempo e de frequência dos ensaios G.

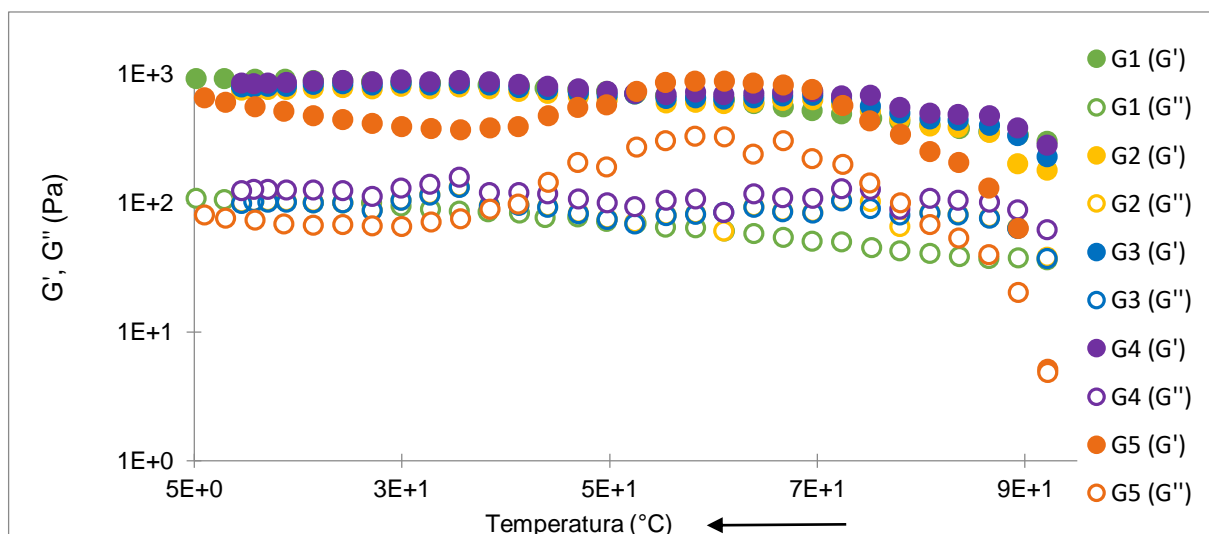


Figura 80 - Varrimento de temperatura (90-5°C) dos ensaios G.

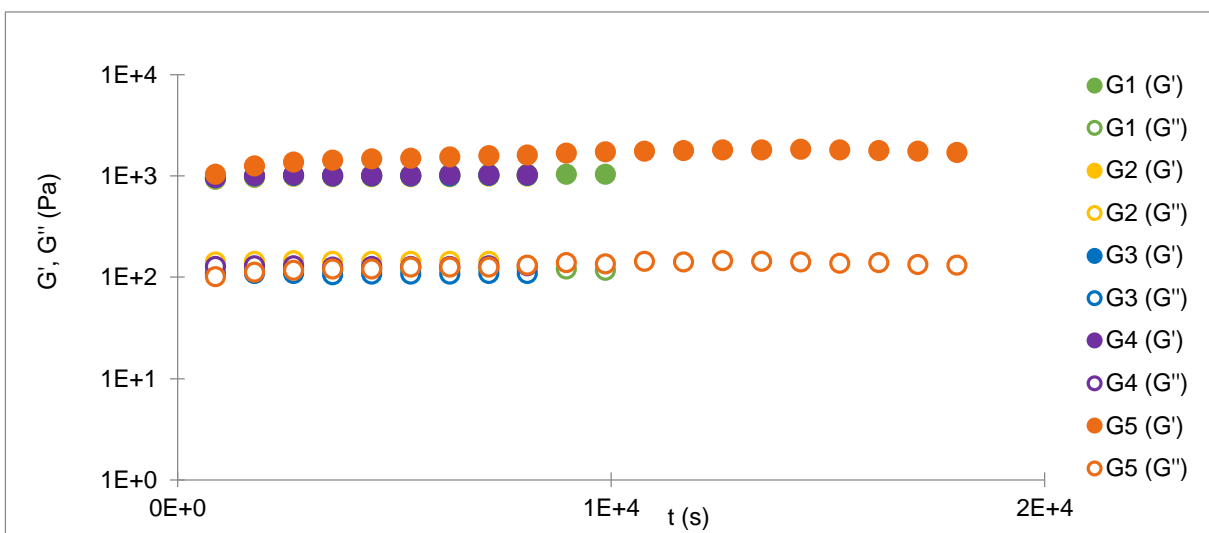


Figura 81 - Varrimento de tempo dos ensaios G.

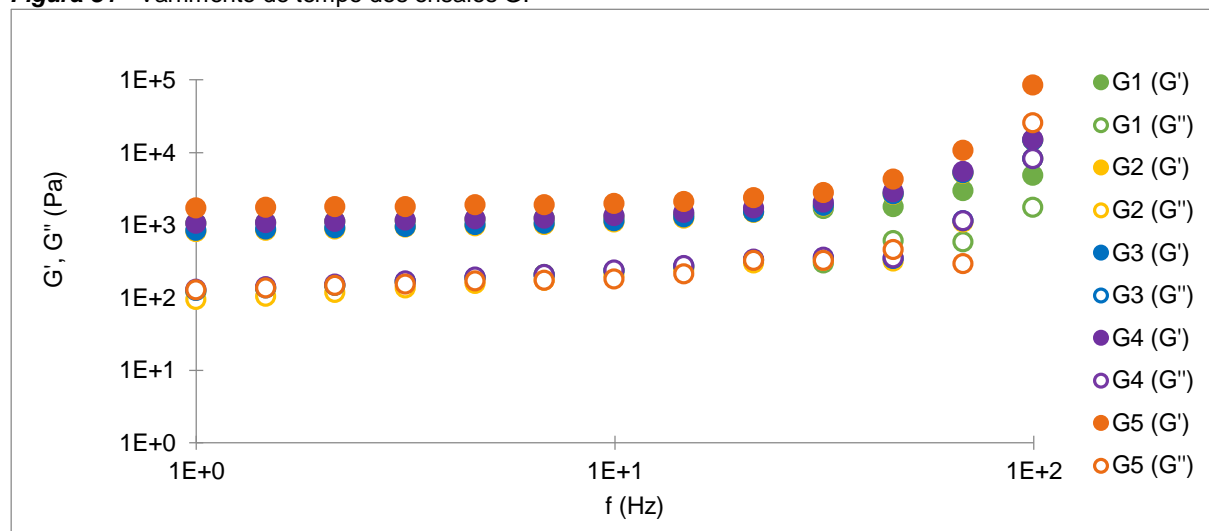


Figura 82- Varrimento de frequência dos ensaios G.